

connaître ●

*Cahiers de l'Association
Foi et Culture Scientifique*

Réseau Blaise Pascal

CONNAÎTRE

REVUE SEMESTRIELLE
ASSOCIÉE AU RÉSEAU BLAISE PASCAL

Cahiers de l'Association Foi et Culture Scientifique

N° 44 - Mai 2016

Rédacteur : Dominique LEVESQUE

Comité de rédaction :

François BARRIQUAND, Marie Odile DELCOURT, Dominique GRÉSILLON,

Marc LE MAIRE, Marcelle L'HUILLIER, Thierry MAGNIN,

Jean-Michel MALDAMÉ, Françoise MASNOU-SEEUWS,

Blandine RAX, Bernard SAUGIER, Rémi SENTIS,

Christoph THEOBALD

Ce numéro : 11 Euros

Revue « Connaître », 38 rue du Val d'Orsay, 91400 Orsay

http://evry.catholique.fr/IMG/pdf/AFCS_connaître.pdf

91afcs@orange.fr

ABONNEMENTS (voir en dernière page)

ISSN : 1251-070X

CONNAÎTRE

*Cahiers de l'Association Foi et Culture Scientifique
Réseau Blaise Pascal*

SOMMAIRE

N° 44, Mai 2016

<i>Éditorial</i>	3
Ferdinand Gonseth, mathématicien et philosophe engagé dans la science de son siècle	Gilles Cohen-Tannoudji 4
Neurosciences et Âme humaine	Jean-Michel Maldamé 28
Peut-on réduire nos émotions et nos comportements à l'activité de notre cerveau ?	Catherine Belzung 79
Mieux comprendre le fonctionnement du cerveau	Caroline Huron 97
L'observation de l'univers nous dit-elle quelque chose de Dieu ?	Véronique Bommier 118
Abonnements, anciens numéros	125

Thèmes pour ce numéro

Ferdinand Gonseth, philosophe et mathématicien, a mené une réflexion profonde sur les évolutions qui, au cours des 60 premières années du XX^e siècle, ont marqué les sciences, en particulier la physique. Gilles Cohen-Tannoudji expose dans sa conférence à *Foi et Culture Scientifique* les idées et concepts que Ferdinand Gonseth a construits, élaborés pour rendre compte du statut que ces évolutions donnent à la connaissance scientifique d'aujourd'hui.

Les neurosciences sont en rapides progrès, appuyées sur la biologie et les nouveaux moyens d'investigation du fonctionnement cérébral. La qualification de ces conditionnements et observations dans les termes habituels liés à notre comportement : conscience, intelligence, mémoire, ... n'est pas sans ambiguïté, ni *a priori*. C'est une analyse de cette entreprise de conceptualisation que Jean-Michel Maldamé présente dans la première partie de son article. Dans la seconde, il montre que cette entreprise n'invalide pas celle des philosophes anciens, modernes, actuels fondée sur une approche complète, globale de notre humanité.

Catherine Belzung justifie, exemples à l'appui, combien, au delà des caractéristiques génétiques et cérébrales, est fondamental et essentiel pour construire la personnalité, le contexte psychologique et social.

Prendre en compte les limites de chacun en demeurant équitable, c'est tout l'enjeu auquel on a à faire face lorsque l'on cherche à ce qu'elles soient surmontées. Caroline Huron nous fait part de cette expérience avec les enfants dyspraxiques, affectés de troubles de la coordination motrice.

Notre perception de l'univers, en un siècle, s'est radicalement renouvelée. Étoiles et galaxies naissent, évoluent et se déplacent selon des modes très différents de l'immuable permanence et régularité que les Grecs pensaient caractéristique de la perfection divine. Cette vision moderne parle-t-elle encore de Dieu ? Véronique Bommier donne sa réponse.

Ferdinand Gonseth

mathématicien et philosophe

engagé dans la science de son siècle

Gilles Cohen-Tannoudji ^{1,2}

Ferdinand Gonseth, mathématicien et philosophe (1890-1975), professeur à l'Université de Berne puis à l'École Polytechnique de Zurich, a développé une approche nouvelle de la réflexion scientifique et philosophique. Il a proposé une démarche qui concerne à la fois la science et la philosophie. On peut la résumer sous le terme de "philosophie ouverte". Elle est basée notamment sur le principe de la révisibilité de toute connaissance acquise ainsi que sur un repérage fin de "l'horizon" de la connaissance. Son point de départ est une analyse soignée et rigoureuse de la méthodologie qui est mise en œuvre dans la science réelle.

Merci de m'avoir invité, je suis vraiment ravi de discuter avec vous de ce philosophe que j'affectionne énormément.³ Je l'ai découvert à la fin des années 80, j'étais en train de travailler à un livre, qui, après la lecture de Gonseth, s'est intitulé *L'horizon des particules*.⁴ La notion d'horizon joue un rôle extrêmement important dans sa philosophie. J'ai rencontré ensuite Éric Émery,⁵ un de ses principaux disciples qui m'est devenu un ami très proche. Émery a rassemblé une documentation très importante sur Ferdinand Gonseth.

¹ Ce texte a été rédigé par *Foi et Culture Scientifique* à partir de l'enregistrement audio de l'exposé donné par Gilles Cohen-Tannoudji à Gif le 9 /12/2015 et des réponses qu'il a faites aux questions des participants.

² Physicien théoricien, ancien élève de l'École Polytechnique, conseiller scientifique auprès du Directeur des sciences de la matière du CEA et chercheur émérite au Laboratoire de Recherche sur les Sciences de la Matière au CEA-Saclay.

³ www.gicotan.fr

⁴ Jean Pierre Baton, Gilles Cohen-Tannoudji, *L'Horizon des particules. Complexité et élémentarité dans l'univers quantique*, Gallimard, 1989.

⁵ Éric Émery, professeur de mathématiques et musicien, est l'auteur d'un magnifique ouvrage : *Temps et musique : Temps et dialectique de la durée*, (Lausanne, Éd. L'Âge d'Homme, 1998, 697 p.). Il a travaillé la notion de temps en lisant, la plume à la main, de nombreux grands philosophes ; la première moitié du livre porte sur le concept de temps, et la seconde est essentiellement consacrée à l'idée - d'ailleurs assez naturelle - que la musique est l'art le plus proche du temps.

Je m'appuierai principalement sur trois de ses ouvrages parus aux éditions "L'Âge d'Homme" à Lausanne : en 1985, *Ferdinand Gonseth*, en 2006 les *Actes du colloque du centenaire de Ferdinand Gonseth*, et les *Actes du colloque Pensée et Science au XX^e siècle*.

La physique du XX^e siècle, une authentique révolution scientifique

La théorie de la relativité et la théorie des quanta datent du début du XX^e siècle. Pour résoudre la crise de la physique classique, deux nouvelles disciplines scientifiques ont vu le jour : la physique de la structure microscopique de la matière et la cosmologie. Cette dernière, qui n'était jusque-là qu'une vague spéculation théologique ou mythique, est devenue une authentique discipline scientifique. La physique des particules et la cosmologie se sont consolidées et ont acquis des modèles standards ⁶ d'une robustesse absolument sensationnelle. Pour les mathématiciens, une théorie standard est une théorie banale, mais un « *modèle standard* » est tout sauf une théorie banale ! C'est un « *référentiel* », au sens de Gonseth.

Ces nouvelles disciplines sont actuellement en plein apogée : la physique des particules avec la découverte du fameux boson de Higgs - dont Michel Spiro et moi-même parlons dans notre livre *Le boson et le chapeau mexicain* ⁷ - et la cosmologie observationnelle qui a fait des progrès formidables avec le satellite Planck et a obtenu des résultats extrêmement importants. D'autre part, commencent à apparaître des signes avant-coureurs d'une nouvelle révolution scientifique...

La physique du XX^e siècle est un champ « d'expérimentation » sans précédent pour la philosophie des sciences. Les grandes questions que soulèvent ces développements ont un fort contenu philosophique. Gonseth est peut-être le seul philosophe à en avoir vraiment pris la mesure, alors qu'on continue à voir des soit-disant philosophes qui sont à côté des développements de la science !

⁶ Le terme « standard » vient du mot français étendard. Dans les batailles, l'étendard était une référence, on se ralliait à un étendard.

⁷ *Le boson et le chapeau mexicain. Un nouveau grand récit de l'univers*, Collection Folio essais (n° 579), Gallimard, 2013.

Gonseth, témoin engagé de cette révolution scientifique

Ferdinand Gonseth a enseigné les mathématiques toute sa vie. Familier des problèmes de physique théorique, il a publié quelques travaux dans ce domaine, dont un très important avec Gustave Juvet, mais après la mort de ce dernier en 1936, il a peu continué à travailler dans cette discipline. Gonseth a été très proche de Michele Besso, l'ami le plus intime d'Einstein.⁸ Par l'intermédiaire de Besso, Gonseth avait donc un lien particulier avec Einstein. Il a exercé aussi une grande influence philosophique sur Georges Lemaître.

Son itinéraire philosophique va de la philosophie des mathématiques à la philosophie des sciences, puis à la philosophie en général, en passant par la philosophie des sciences humaines. Il a fait tout cela avec une extrême prudence, et ne s'est intéressé à la philosophie des sciences humaines et à la philosophie en général qu'à la fin de sa vie.

Gonseth qualifie sa philosophie avec le terme « *idonéisme* ». Ce mot très peu connu, vient de « *idoine* » : L'idonéisme est une philosophie dialectique ouverte à l'expérience, la recherche de ce qui convient. Gonseth résume cela en une formule : « *Si le vrai tu ne peux avoir, l'idoine il te faut utiliser* ». Donc l'idoine c'est ce qui convient, faute de mieux.

Ferdinand Gonseth (1890-1975) : vie et œuvres

Gonseth est né le 22 septembre 1890, en Suisse à Sonvilliers, dans une famille nombreuse et mort à Lausanne le 17 décembre 1975. À la fin de ses études secondaires, il a été victime d'un accident – un ballon de football lui a provoqué un décollement de la rétine qui l'a rendu profondément malvoyant et totalement aveugle à la fin de sa vie. Il a su remplacer sa déficience de vue par une vision profonde : son idée d'horizon a évidemment à voir avec la vision.

Gonseth a publié 165 articles et de nombreux ouvrages. Le premier *Les fondements des mathématiques*⁹ date de 1926. Il a publié en 1936 *Les*

⁸ Besso est la seule personne qu'Einstein a remerciée dans son article de 1905 sur la Relativité Restreinte ; il a fait avec lui des calculs sur le mouvement du périhélie de Mercure avant de publier sa théorie de la Relativité Générale.

⁹ *Les fondements des mathématiques De la Géométrie d'Euclide à la Relativité générale et à l'intuitionisme*, Paris, Éd. Albert Blanchard, 1926.

*mathématiques et la réalité*¹⁰, ouvrage écrit en lien avec la crise des fondements des mathématiques, la naissance des géométries non-euclidiennes et la théorie de la relativité. Il s'est intéressé à la philosophie des mathématiques et a publié en 1937 *Qu'est-ce que la logique ?*¹¹. Pour Gonseth, « *la logique, c'est la physique de l'objet quelconque* », formule qui est en rupture avec bien des approches philosophiques. Ceci l'a mis en difficulté avec les philosophes de son époque, et en particulier avec le courant de la philosophie analytique. Entre 1938 et 1955, il a animé des entretiens de philosophie, à Zurich, à Berne et à Rome. Il a participé en 1947 à la fondation de l'Académie Internationale de Philosophie des Sciences.

De 1945 à 1955, il a travaillé à son ouvrage majeur *La géométrie et le problème de l'espace*, qu'il a publié¹² en six fascicules. Par ailleurs Gonseth a eu de vifs débats avec la philosophie néo-scolastique, en défendant ce qu'il appelait la philosophie ouverte ; ces débats sont reproduits dans *Philosophie néo-scolastique et philosophie ouverte*¹³ et dans *La métaphysique et l'ouverture à l'expérience*¹⁴, parus, respectivement, en 1954 et 1960, cette dernière publication étant un véritable ouvrage de philosophie.

*Le problème du temps*¹⁵, publié en 1964, a comme sous-titre *Essai sur la méthodologie de la recherche*. Gonseth y décrit toutes les nuances du langage quand on parle du temps. Puis, il explique que l'objectivité du temps est due au fait qu'on peut le mesurer. Mais comment y arriver si on n'a pas les horloges qui ont la précision que l'on veut atteindre ? Il y a là un problème philosophique que l'on peut résoudre, dit-il, à condition de « *franchir un seuil dans la méthodologie* ». C'est bien ce qui est arrivé quand on est passé des horloges astronomiques aux horloges à quartz, puis aux horloges atomiques, puis aux horloges à atomes froids : à chaque fois, on a franchi un seuil de précision.

¹⁰ *Les mathématiques et la réalité ; essai sur la méthode axiomatique*, Éd. Alcan, 1936.

¹¹ Paris, Éd. Hermann & Cie.

¹² Neuchâtel, Éd. du Griffon.

¹³ *Philosophie néo-scolastique et philosophie ouverte ; entretiens du Centre romain de comparaison et de synthèse*, Paris, Presses universitaires de France.

¹⁴ *La métaphysique et l'ouverture à l'expérience ; seconds Entretiens de Rome publiés sous la direction de Ferdinand Gonseth*. Paris, Presses universitaires de France.

¹⁵ Neuchâtel, Éd. du Griffon.

Dans *Le référentiel*¹⁶ paru en 1975, très peu de temps avant sa mort, il développe le concept extrêmement important de référentiel.

Mon itinéraire philosophique est un ouvrage posthume rédigé à partir d'entretiens avec divers interlocuteurs.¹⁷

Citons également quelques articles : *La question de la méthode en psychologie*¹⁸ (1949), *L'homo phenomenologicus*¹⁹ (1964), *La morale peut-elle faire l'objet d'une recherche de caractère scientifique*²⁰ (1965).

Les options fondamentales de sa philosophie

On retrouve dans *Mon itinéraire philosophique* les options fondamentales de la philosophie de Gonsseth. Il y a d'abord ce qu'il appelle « l'option O », ou zéro :

Naïvement, mais avec une naïveté consciente d'elle-même, cette option se résumait ainsi : elle adoptait le parti de valoriser systématiquement le témoignage de la recherche, dans toutes les circonstances où celle-ci se trouverait confrontée avec de l'antérieurement posé et du déjà formulé.

Avec « l'option O », il privilégie parmi toutes les démarches de recherche, celle de la recherche scientifique :

L'option O' pouvait s'énoncer ainsi : le plus sûr modèle qu'on ait d'une recherche est celui de la recherche scientifique. Et l'instance de légitimité à laquelle on puisse en appeler pour ou contre tel ou tel résultat de la recherche, c'est encore une fois la recherche scientifique, car elle est seule capable d'ouvrir un procès en révision sans risquer de le trancher arbitrairement

L'ouverture, c'est la possibilité de réviser en évitant l'arbitraire. Je reviendrai beaucoup sur cette idée.

Gonsseth essaie de comprendre et de se caler sur la philosophie mise en œuvre par les grands scientifiques qu'il a fréquentés - même s'ils n'ont pas explicité leur philosophie - Einstein, l'École de Copenhague (Bohr, Pauli, Heisenberg, ...), Georges Lemaître, le père de la cosmologie moderne, *etc.*

¹⁶ *Le Référentiel, univers obligé de médiatisation*, Lausanne, Éd. l'Âge d'Homme.

¹⁷ Textes mis au point et choisis par François Bonsack suivis de *Deux entretiens de Ferdinand Gonsseth avec Zdenek Kourim*, Vevey, Éd. de L'Aire, 1995.

¹⁸ *Dialectica*, v3 n4 (1949).

¹⁹ *Archives de Philosophie*, v27 n3/4 (1964).

²⁰ *Revue universitaire de science morale*, 1965/2/6.

Einstein et Gonseth

La philosophie d'Einstein exprimée par lui-même

Selon Einstein :²¹

L'épistémologie, en l'absence de contact avec la science, devient un schème vide. La science sans épistémologie est – pour autant qu'elle soit seulement possible – primitive et embrouillée.

Une philosophie qui ne s'appuie pas sur la science va dire un peu n'importe quoi et la science a besoin de ce regard philosophique pour se clarifier. Mais le scientifique ne peut pas se laisser restreindre par une école de pensée :

[Le scientifique] accepte avec reconnaissance l'analyse conceptuelle de l'épistémologie ; mais les conditions externes qui interviennent pour lui au travers des faits de l'expérience ne lui permettent pas de se laisser restreindre dans la construction de son monde conceptuel par l'adhésion à un système épistémologique quel qu'il soit.

Einstein dit encore du scientifique :

Il doit donc apparaître à l'épistémologue systématique comme une espèce d'opportuniste sans scrupule : il apparaît comme un réaliste dans la mesure où il cherche à décrire un monde indépendant des actes de la perception ; comme un idéaliste dès lors qu'il considère les concepts et les théories comme des libres inventions de l'esprit humain (elles ne peuvent être déduites logiquement du donné empirique) ; comme un positiviste s'il considère que ses concepts et ses théories ne sont justifiées que dans la mesure où ils fournissent une représentation logique des relations entre les expériences des sens. Il peut même apparaître comme un platonicien ou un pythagoricien s'il considère que le point de vue de la simplicité logique est un outil indispensable et effectif de la recherche.²²

... et vue par Gonseth

En 1965, à l'occasion d'un colloque international pour commémorer l'œuvre d'Einstein, colloque qu'il préside à l'UNESCO, voici ce que dit Gonseth :²³

²¹ *Albert Einstein, philosophe-scientist*, Paul Arthur Schilpp, Albert Einstein, Éd. Evanston, Ill., Library of Living Philosophers, 1949.

²² *Ibidem*. A. Einstein, *Réponses aux critiques*.

²³ Ferdinand Gonseth, *Connaissance de la nature et connaissance philosophique chez Albert Einstein*, in *Science et synthèse*, actes du colloque organisé pour le dixième anniversaire de la mort d'Einstein et de Teilhard de Chardin, Gallimard, coll. Idées NRF, 1967.

Pour ce qui concerne l'option dont la théorie de la relativité est issue, l'expérience a noué autour d'elle cette trame de confirmation et de réussites devant laquelle le doute n'a plus qu'à s'effacer. [...] Ce qu'il importe de voir se préciser, c'est l'aspect méthodologique de l'entreprise einsteinienne. Avec une simplicité et un naturel insurpassables, Einstein a assumé ce qui, de plus en plus, nous paraît être essentiel dans la situation du chercheur. Le chercheur doit être conscient à la fois de sa liberté et de sa responsabilité. Il doit revendiquer sa plus entière liberté d'examen, et savoir aussi que cette liberté a son écueil, l'affirmation arbitraire. Il doit en même temps s'ouvrir au témoignage des faits, tout en sachant que cet ouverture a également son écueil, l'asservissement aux apparences. Cette liberté et cette obéissance ne sont-elles pas contradictoires ? Elles ne sont pas accordées d'avance ; le chercheur en reste l'arbitre, le principe de son arbitrage demeurant la recherche de la meilleure idonéité, dont personne mieux que lui ne peut être le juge.

Rechercher le compromis qu'il faut faire entre l'exigence de la vérité et l'exigence de la réalité, se méfier des apparences et ne pas faire d'affirmations arbitraires, est extrêmement important. Si telle est bien la méthodologie de la recherche, cela a une portée philosophique énorme ; toute l'œuvre de Gonseth consiste à reconnaître cette importance.

Or une recherche qui opte à la fois pour la liberté d'examen et pour l'ouverture à l'expérience, et prend en charge de les accorder en vue de l'idonéité la meilleure, a par là-même acquis son autonomie méthodologique et philosophique. Elle est en état de refuser toute philosophie qui ne procéderait pas d'elle, toute philosophie qui lui serait par principe antérieure ou extérieure. Disons mieux, en n'hésitant pas à aller jusqu'au bout de l'affirmation : la recherche qui fait sienne cette méthode reprend à son compte l'intention philosophique centrale, celle de connaître mieux, de connaître dans toute la mesure du possible. Consciemment ou non, la recherche scientifique s'en inspire. Or, pour ce qui concerne la connaissance de la nature, aucune philosophie n'a poussé aussi loin qu'elle.

Pour affirmer cela, Gonseth s'appuie sur le témoignage d'Einstein qu'on peut considérer comme le plus grand de tous les scientifiques :

L'autonomie philosophique d'Albert Einstein éclatait dans la réponse qu'il fit, lors de ses premières conférences à Paris, à quelqu'un qui lui demandait ce qu'il pensait ou ce qu'il faisait de Kant: 'Oh, dit-il, chacun a son Kant à soi'. Tout compte fait, je crois pouvoir me résumer en quelques mots : chez Albert Einstein, le savant incarne le philosophe de la nature. Philosophe, il l'était profondément, et j'ajouterai même, naïvement, s'il n'avait été aussi lucide. Je pourrais dire aussi qu'en lui, le savant n'est que la forme de réalisation du philosophe libéré par la sincérité et l'authenticité de sa recherche.

L'option O' est vraiment fondamentale chez Gonseth !

Einstein, Gonseth et Besso

Gonseth a évoqué sa relation avec Besso lors du colloque de 1965 à l'UNESCO :

Une autre source de renseignements, à la fois plus lointains et plus intimes devait cependant s'ouvrir à moi pendant les dix ans où j'enseignais les mathématiques à l'Université de Berne. Je m'y liai d'amitié avec Michele Besso, l'ancien collègue d'Einstein au Bureau fédéral des Brevets, mais aussi son confident le plus intime et son ami le plus sûr, celui qu'Einstein appelait 'la meilleure boîte de résonance de l'Europe'. Nous avons pris l'habitude, Besso et moi, de faire de longues promenades pendant lesquelles nous devisions de tout et particulièrement de science et de philosophie. Et c'est ainsi que j'appris comment, au cours d'autres promenades, Einstein exposant et Besso contredisant, la théorie de la relativité avait subi et surmonté ses premières épreuves.²⁴

La correspondance Einstein-Besso²⁵ est un ouvrage très intéressant. Einstein s'est beaucoup entretenu avec Besso qui est mort peu de temps avant lui en 1955. Au début des années 50, Einstein expliquait à Besso que 40 ans de ruminations ne l'ont pas amené à répondre à la question de savoir « *finalement, c'est quoi les photons ?* ». Il lui écrivait :

Le premier fripon croit avoir compris, mais il se trompe : que sont les quanta de lumière ?

Dans cette correspondance, Besso parle à plusieurs reprises de Gonseth. Einstein jamais, était-il intimidé par la très grande personnalité de Gonseth ? Mais au début des années 50, Einstein a ajouté à son ouvrage de vulgarisation de la Relativité un appendice : *La Relativité et le problème de l'espace*, titre qui ressemble à celui du livre de Gonseth *La géométrie et le problème de l'espace* ; il serait impensable qu'il ne l'ait pas lu.

Gonseth et la complémentarité

Réalité ou horizon de réalité ?

L'École de Copenhague, animée essentiellement par Bohr, a développé le concept de complémentarité pour interpréter la mécanique quantique. Parce que l'interaction peut modifier l'objet que l'on veut étudier, il faut tenir compte de la complémentarité entre les conditions d'observation et le système

²⁴ *Ibid.*

²⁵ *Albert Einstein, Correspondance avec Michele Besso*, Hermann, coll. Savoir, 1979.

quantique lui-même que l'on décrit. Gonthier était en contact avec l'École de Copenhague, et en particulier en rapport très étroit avec Wolfgang Pauli avec lequel il avait une proximité philosophique extrêmement importante. Gonthier, qui dirigeait la revue *Dialectica*²⁶ a consacré en 1948 un numéro spécial de la revue à l'idée de complémentarité.²⁷ Il en a confié la coordination à Pauli. Ce numéro est extrêmement important du point de vue de l'histoire des sciences. S'y sont exprimés Pauli, Einstein, Bohr, Heisenberg et de Broglie, cinq prix Nobel de physique,²⁸ que l'on peut considérer comme les pères fondateurs de la théorie quantique.²⁹ Gonthier a mis à la fin de ce numéro un petit article intitulé modestement *Quelques remarques sur l'idée de complémentarité*^{30,31}

Ce que l'on décrit, est-ce la réalité, ou seulement ce que Gonthier appelle « un horizon de réalité » ?

Rien ne nous autorise à penser que notre connaissance, même à ses dernières frontières, soit davantage qu'un horizon de connaissance ; que les dernières 'réalités' que nous ayons conçues soient davantage qu'un horizon de réalité.³²

On retrouve la même idée chez Einstein, dans une lettre à Schrödinger écrite en 1935 après son fameux article *Einstein-Podolsky-Rosen*³³, qui a donné lieu au grand débat sur l'intrication.³⁴ Voici ce que dit Einstein :

La véritable difficulté tient à ce que la physique est une sorte de métaphysique : la physique décrit la 'réalité'. Or nous ne savons pas ce que c'est la 'réalité', nous ne la connaissons qu'à travers la description qu'en donne la physique.³⁵

La réalité ne se présente jamais à nous directement. On ne doit pas oublier, quand on parle de la réalité, que c'est la réalité telle qu'elle nous est

²⁶ La plupart des articles de la revue *Dialectica* sont en français, mais il y a quelques articles en anglais et en allemand. Aujourd'hui, cette revue est devenue l'organe officiel de la philosophie analytique. Les rapports de Gonthier avec la philosophie analytique n'ont pas été simples. Le nom de Gonthier a été enlevé du "générique" de *Dialectica*, alors qu'il est le créateur de la revue.

²⁷ *The concept of complementarity - Die Idee der Komplementarität - L'idée de complémentarité*, *Dialectica*, November 1948, Volume 2, N° 3-4, pp 307-422.

²⁸ Einstein (1921), Bohr (1922), Heisenberg (1932), de Broglie (1929) et Pauli (1945).

²⁹ Pauli a publié plusieurs autres articles dans la revue *Dialectica*.

³⁰ www.gicotan.fr/divers/blog/63-blog/220-remarques-sur-lidee-de-complementarite.html

³¹ www.bibnum.education.fr/sites/default/files/Gonthier-analyse.pdf

³² *La géométrie et le problème de l'espace, op. cit.*

³³ A. Einstein, B. Podolsky and N. Rosen, *Physical Review*, vol. 47, pp. 777-780 (1935).

³⁴ www.bibnum.education.fr/sites/default/files/EPR-analyse.pdf

³⁵ Lettre d'Einstein à Schrödinger, écrite juste après la parution de l'article EPR.

donnée. Cette idée est redevenue très à la mode récemment en cosmologie. La cosmologie ne parle pas de l'Univers, le plus grand tout qui puisse se concevoir ; elle parle de l'univers qui nous est observable. Cet univers observable, nous en sommes le centre ; c'est très anthropocentrique.

Horizon naturel de connaissance et monde propre

Dans son article sur l'idée de complémentarité, Gonthier distingue des horizons de connaissance emboîtés les uns dans les autres : d'abord « *l'horizon naturel de connaissance* », celui de la vie de tous les jours, puis « *l'horizon de la physique classique* » et à la fin « *l'horizon profond* », celui de la théorie quantique. Gonthier explique ce qu'est la complémentarité en développant cette idée d'horizon naturel de connaissance et de monde propre. Le monde propre, on le retrouve chez Einstein : c'est le référentiel dans lequel nous sommes au repos.

À première vue, les deux parties de l'expression 'le *monde propre*' (*seine Eigenwelt*) ne s'accordent guère : la première met l'accent sur la réalité extérieure, sur la réalité du monde naturel ; la seconde évoque au contraire l'idée que la forme sous laquelle l'homme conçoit le monde n'est que la transcription de la structure même de ses facultés de connaître : la première partie est réaliste, la seconde idéaliste. C'est d'ailleurs aussi le cas de l'expression 'horizon de réalité' dont la première partie relativise et subjectivise la seconde. (...) L'idée de l'horizon de réalité est médiatrice entre celle de l'autonomie de l'esprit et celle de la prédétermination inconditionnelle de la réalité du monde.

Dans « *horizon de réalité* », horizon est subjectif, et réalité objectif. Il peut y avoir un événement de l'horizon profond qui se manifeste par deux traces contradictoires dans l'horizon apparent ; cette relation contradictoire entre les traces dans l'horizon apparent, c'est la complémentarité. La théorie essaie d'aller au-delà de l'horizon apparent.

En un mot, pour toute investigation expérimentale qui voudra dépasser notre monde propre, celui-ci jouera le rôle de l'horizon A. C'est par les traces qui viendront s'inscrire dans cet horizon que toute réalité plus fine ou plus profonde nous sera manifestée. (...) [Mais] s'il est vrai que l'expérimentation finit toujours par avoir notre monde propre pour siège, le travail théorique semble avoir constamment eu l'édification d'un nouvel horizon de réalité pour but.³⁶

Pauli, qui était d'une exigence et d'une rigueur extraordinaire vis-à-vis des philosophes, dit dans son éditorial : « *Allez lire le papier de Gonthier, vous*

³⁶ Ferdinand Gonthier, « *Remarque sur l'idée de complémentarité* », *op. cit.*

verrez que cela peut expliquer un peu le débat. » et ajoute que Gonseth évite l'écueil du positivisme. En effet, un des grands débats que Gonseth a eu avec la philosophie analytique de l'École de Vienne est le néo-positivisme, pour qui la réalité se réduit au connu.

Gonseth et la cosmogonie de Lemaître

Prêtre catholique de l'Université de Louvain, Georges Lemaître était un éminent scientifique, physicien, mathématicien, mais aussi cosmologue. Il a fondé véritablement la cosmologie avec son « *hypothèse de l'atome primitif* » au commencement de l'univers (aujourd'hui on dirait « *un quantum* »).

À la fin de années 1920, Hubble a observé grâce à la technique de la mesure du décalage vers le rouge que les galaxies devaient s'éloigner les unes des autres à une vitesse proportionnelle à leurs distances respectives. L'univers serait donc en expansion homothétique.

Quelques temps auparavant, s'appuyant sur des calculs provenant des lois de la Relativité Générale, Lemaître était déjà parvenu à la même conclusion : si on remonte dans le passé par la pensée, toutes les galaxies seraient parties d'un même lieu, de plus quand les galaxies sont très proches les unes des autres, la densité et la température deviennent nécessairement extrêmement grandes (d'où l'expression « atome primitif »). Les observations de Hubble ont donc confirmé l'hypothèse de Lemaître. Cette hypothèse peut être rapprochée de certaines vues en physique quantique (un quantum pouvant se désintégrer en cascade). Il est à noter que l'expression « *le Big Bang* ». ³⁷ ne correspond pas exactement à la pensée de Lemaître mais à une vulgarisation postérieure.

Lemaître était théologien, Gonseth l'a inspiré du point de vue philosophique. Dominique Lambert, ³⁸ explique que l'influence de Gonseth sur Lemaître a été considérable, à tel point que ce dernier lui a demandé de préfacier son livre *L'hypothèse de l'atome primitif : Essai de cosmogonie* ³⁹ où il a réuni, en les vulgarisant un peu, plusieurs de ses articles scientifiques. La préface de Gonseth est un texte admirable. ⁴⁰ Gonseth y explique d'abord les enjeux philosophiques. Il fait état de *l'antinomie du commencement* de Kant :

³⁷ En français le « Grand Boum ». Ce terme a été introduit à la fin des années 1940 par dérision par Fred Hoyle et les détracteurs de la théorie de Lemaître.

³⁸ Dominique Lambert, *Un atome d'univers : la vie et l'œuvre de Georges Lemaître*, Bruxelles, Lessius Racine, 2000, 372 p.

³⁹ Neuchâtel, Éd. du Griffon, 1946.

⁴⁰ www.gicotan.fr/images/M_images/Gonseth_preface_atome_primitif.pdf

Le problème cosmogonique posé comme un problème de la connaissance conduit au problème de l'origine du monde dans le temps et à celui de ses limites dans l'espace. Dans la *Critique de la raison pure*, Kant s'efforce de résoudre « *l'antinomie du commencement* » :

- Le monde a un commencement dans le temps et il est aussi limité dans l'espace.

- Le monde n'a ni commencement dans le temps, ni limites dans l'espace, mais il est infini aussi bien dans le temps que dans l'espace.

Il solutionne cette antinomie en disant que l'espace et le temps sont des idées *a priori* qui sont simplement dans l'esprit. Cela ne satisfait pas Gonseth :

La solution que Kant a donnée de cette antinomie est difficile à accepter pour un homme de science parce qu'elle dévalorise unilatéralement l'idée de réalité. Il est clair que toute antinomie, jusqu'au jour où elle est résolue, met la pensée discursive dans une position incommode et délicate. Car une antinomie n'est pas simplement une question difficile, encore sans réponse, c'est une question à laquelle il semble qu'on ne puisse répondre sans se mettre en contradiction avec soi-même. C'est la pierre de touche au contact de laquelle la raison semble perdre son authenticité. Si la mise au net d'une hypothèse cosmogonique n'est pas un simple jeu, les antinomies qu'elle fait surgir sont de véritables obstacles intellectuels que la pensée discursive ne peut déclarer insurmontables sans s'infliger un démenti de principe.

Et Gonseth d'expliquer comment la cosmologie de Lemaître résout cette antinomie. Voici un extrait de sa démonstration :

Mais dans la physique quantique, la nature de l'espace et du temps se trouve profondément altérée : ce ne sont plus que des notions globales et valables seulement à la façon de moyennes statistiques. Si le monde se réduisait à une seule et immense particule, il ne pourrait plus être question d'espace et de temps ; ces notions ne s'introduiraient avec leur signification actuelle que progressivement, une fois que le fractionnement de l'atome primitif aurait engendré un nombre assez grand de particules. C'est à partir de ce stade que les lois gravifiques pourraient être invoquées. En d'autres termes, les règles strictes du jeu ne peuvent être observées dès l'état initial. Pour écarter cette difficulté, il suffit de suivre l'évolution en sens contraire, en remontant le cours du temps. Le monde se resserre : dans leur tendance générale, les énergies refluent vers une condensation qui se rapproche de l'atome primitif. Mais à mesure que celui reprend son existence, le temps se désagrège et l'espace s'évanouit : le problème de l'origine perd ainsi sa signification objective. L'antinomie se résout donc de la façon la plus impressionnante.

Dans un article de la revue *Nature*, Lemaître, répond à Eddington que l'idée d'un commencement du temps n'est pas du tout répugnante, car toute l'histoire de l'univers n'est pas inscrite dans cet atome, comme la musique ne

l'est pas dans un phonographe. L'histoire de l'univers se fait au pas à pas, toute la complexité du monde peut se développer.

Cette vision de la part d'un prêtre est très intéressante ! Elle lui a d'ailleurs valu des difficultés.

Gonseth conclut ainsi sa préface :

Sans renoncer à ses droits naturels, sans se contredire elle-même, sans compromettre sa méthode et son efficacité, la raison humaine sait apercevoir que le problème de l'origine ne comporte pas de réponse absolue dans les catégories, - humaines elles aussi, - du temps et de l'espace. C'est un problème qui ne comporte qu'une réponse sommaire.

Quel que soit l'avenir de l'hypothèse de l'atome primitif, on peut dire sans exagération que la grandiose perspective qu'elle dessine dans le monde phénoménal se réfléchit en une grandiose perspective sur le plan philosophique.

Autrement dit, quand on est bloqué par une question comme celle de l'antinomie, il faut se souvenir que les concepts avec lesquels on tente d'apporter une réponse ne sont que sommaires et essayer de ne pas être trop affirmatif.

Gonseth procédera ainsi dans sa philosophie pour répondre à la question de la légitimité de la foi.

Le référentiel

Gonseth va s'appuyer sur Gaston Bachelard :

Au-dessus du sujet, au-delà de l'objet immédiat, la science moderne se fonde sur le projet. Dans la pensée scientifique, la médiation de l'objet par le sujet prend toujours la forme du projet.⁴¹

Et il emprunte à Jacques Monod la définition que l'être vivant est « *un objet porteur d'un projet d'exister* ».

Gonseth appelle « *référentiel* », l'organe du sujet avec lequel il met en œuvre son projet d'exister :

La fonction du référentiel est implacablement double et ambivalente. Il met, d'une part, le projet d'exister en situation, donnant forme aux conditions du pouvoir-être et à l'obligation du devoir-être. D'autre part, le projet qu'il conditionne ainsi n'est pas un projet quelconque, c'est un projet d'exister.⁴²

⁴¹ Gaston Bachelard, *Le nouvel esprit scientifique*, 1934, PUF, p. 15.

⁴² Ferdinand Gonseth, *Le référentiel*, *op.cit.* p. 198.

Cela résume profondément sa philosophie, au sens large du terme. Il y a une filiation entre le concept d'horizon de réalité et le concept de référentiel ; l'horizon est un référentiel, le navigateur se positionne grâce à l'horizon. Le référentiel est ici une notion beaucoup plus large que le référentiel des mathématiques, c'est plus que des axes de coordonnées :

Subjectif ou objectif, selon la façon dont on le regarde, le référentiel apparaît lui-même comme un horizon de nature intermédiaire. Les 'réalités' de cet horizon sont à la fois formes pour le sujet de ce qui a pour lui valeur de significations extérieures, et actualisations extérieures de ce qui, venant de lui, s'impose comme conditions obligées de son appartenance au monde.

Cette double nature du référentiel en fait un passage obligé. Que le sujet laisse le monde venir à lui par le truchement de certains flux informationnels, ou qu'il se porte vers le monde pour s'y insérer et pour y faire valoir son projet d'exister, c'est toujours sur un référentiel que se fait la rencontre de ce qu'il est, de ce qui lui est propre, avec ce qu'il n'est pas, avec ce qui lui est étranger. Vous voyez l'actualité de cette philosophie, dans la période que nous vivons en ce moment, avec par exemple le problème de l'Europe ou la COP21, où il s'agit de déterminer des référentiels, de les articuler et de les rendre compatibles les uns avec les autres.

Voici maintenant un extrait d'un article sur *Le moment éthique, levain de la morale*⁴³ qui comporte 4 points :

1. Le rapport à la situation dans laquelle nous nous trouvons se traduit en nous et pour nous par la formation d'un certain référentiel.
2. Ce référentiel peut changer brusquement s'il s'opère un changement dans notre rapport à la situation d'ensemble.
3. Surtout, nous reportons, d'un référentiel à un autre, certaines exigences inaliénables, celle de l'existence d'une verticale, par exemple.
4. Une mutation de référentiel peut s'accompagner d'un progrès dans l'objectivité du jugement et dans la justesse des comportements.

Une anecdote avait énormément frappé Gonseth, et de là lui vient son idée de référentiel. Il était en Suisse dans un train à crémaillère, alors qu'il regardait par la fenêtre, les sapins lui paraissaient inclinés, puis soudain, au moment où il reculait de la fenêtre, ils semblaient se redresser. Effectivement, quand vous vous reculez de la fenêtre, vous rétablissez votre rapport à la

⁴³ Ferdinand Gonseth, *Sciences, morale et foi* (textes recueillis, ordonnés et annotés par Éric Émery) Lausanne, Éd. L'Âge d'Homme, 1986, pages 125-126.

situation grâce à l'exigence inaliénable de verticalité : c'est le wagon qui est incliné.

Dans *Le référentiel* en 1975, Gonseth explique qu'il y a toute une famille de référentiels emboîtés les uns dans les autres, puis le grand référentiel qui englobe tous les autres et qui a la propriété de dépendre de la façon dont on le regarde, « *Il est holographique* », dit-il. On connaissait les hologrammes au début des années 70, le concept d'holographie est en train de devenir essentiel en cosmologie moderne avec les trous noirs.⁴⁴ Notre connaissance de l'univers est holographique - ce qui ne veut pas dire que l'univers est un hologramme, contrairement à ce que certains prétendent. C'est comme pour le tableau de Magritte : "Ceci n'est pas une pipe".

Enfin, et c'est très important, apparaît la dimension du sens. Dans un article intitulé *Le moment éthique, levain de la morale*, Gonseth écrit :

pour que la morale se transforme sans perdre sa valeur, il faut qu'elle soit le siège d'un effort créateur d'une moralité renouvelée. Il faut que la liberté de choix se conjugue au sentiment de responsabilité envers les autres et envers soi-même : le moment éthique préside à cette indispensable liaison. Pour que la morale ne reste pas une pâte inerte, il faut que le moment éthique lui serve de levain.

Quand vous avez une mutation de référentiel - quand vous passez d'un côté des Pyrénées à l'autre - vous n'avez pas la même morale.

Chez Gonseth, vous avez la dimension de l'horizontalité, mais vous avez aussi la dimension de la verticalité ! C'est dans l'articulation horizontalité-verticalité que peut se résumer toute sa philosophie.

⁴⁴ Un trou noir est un objet dont la gravité est tellement forte que même la lumière ne peut s'en échapper. Il est limité par un horizon des événements. L'information que vous pouvez stocker dans un trou noir est proportionnelle à la surface de cet horizon (et non au volume du trou noir). Pour décrire le trou noir, il vous suffit de connaître l'horizon. Quand un objet tombe dans le trou noir, vu de l'extérieur, cela lui prend un temps infini : il va se planter sur l'horizon, puis noircir, sa lumière va tendre vers les longueurs d'onde infinies. Si on envoie un bit d'information dans un trou noir, il ne se passe rien : la surface de l'horizon des événements augmente d'une très petite quantité, l'aire de Planck (le carré de la longueur de Planck). L'horizon peut être interprété comme un écran d'un hologramme.

La foi c'est ce qui doit s'ajouter à tout pour que tout ne soit pas absurde

Dans son livre *Le référentiel*, Gonthier écrit à propos de la foi :

C'est en face de cette diversité qu'il faut se placer pour comprendre à quelle condition il est possible de donner, pour tous à la fois, une réponse valable (et positive) à la question F [la foi est-elle légitime ?]. Cette condition n'est pas de promouvoir telle ou telle spécification de la foi au-dessus et au-delà de toutes les autres. C'est bien plutôt de renoncer à engager l'affirmation dans les précisions qui ne peuvent qu'en affaiblir le sens. Ce qu'il importe de savoir, c'est qu'il n'existe rien au monde qui puisse compenser, pour la créature, et pour l'ensemble des créatures, l'annulation progressive de toute foi. J'ai souvent répété - paraphrasant peut-être le *credo quia absurdum* - que la foi c'est ce qui doit s'ajouter à tout pour que tout ne soit pas absurde. C'est là, je crois l'essentiel de la réponse qu'il importe de faire à la question F.

Cela c'est l'ouverture : cette définition de la foi peut s'appliquer à toute foi, y compris à la foi des agnostiques.

Dominique Lambert, le mathématicien et philosophe chrétien cité précédemment, a écrit avec le biologiste R. Reszöhazi, un livre magnifique : *Comment les pattes viennent au serpent, essai sur l'étonnante plasticité du monde*⁴⁵. Tous les trois ou quatre chapitres, il y a un article sur les mathématiques de la plasticité : cette capacité pour les structures de se déformer, tout en restant cohérentes, pour tenir compte des exigences de l'environnement ou d'autre chose. Ils expliquent à la fin de leur ouvrage quelle est la philosophie de la nature sous-tendue par cette notion de plasticité :

Une philosophie de la nature, au sens où nous la comprenons, cherche précisément à poser, à propos des données scientifiques, la question de leur sens en construisant des concepts susceptibles de parler de ces référents et fondements des choses naturelles. Cela signifie non seulement que le sens est dégagé, induit, à partir des données produites par les scientifiques, mais aussi qu'aucune implication empirique déduite des réalités fondatrices de sens ne peut se retrouver en contradiction avec les données des sciences. Le contrôle mutuel des rationalités scientifique et philosophique définit justement cette articulation propre à la conception de la philosophie de la nature que nous adoptons.

À ce propos le titre de votre association, "*Foi et culture scientifique*", me paraît remarquablement bien adapté. Voici maintenant une autre citation, de quelqu'un de très compétent en matière de foi, Jean-Paul II. Je ne suis pas

⁴⁵ Éd. Flammarion, 2004.

complètement d'accord avec tout ce qu'il dit, car il continue à faire un peu un procès à Galilée, mais il parle de l'articulation entre horizontalité et verticalité de façon assez remarquable :

Il y a, pour l'humanité, un double mode de développement. Le premier comprend la culture, la recherche scientifique et technique, c'est-à-dire tout ce qui appartient à l'horizontalité de l'homme et de la création, et qui s'accroît à un rythme impressionnant. Pour que ce développement ne demeure pas totalement extérieur à l'homme, il suppose un approfondissement concomitant de la conscience ainsi que son actualisation. Le second mode de développement concerne ce qu'il y a de plus profond dans l'être humain quand, transcendant le monde et se transcendant lui-même, l'homme se tourne vers Celui qui est le Créateur de toute chose. Cette démarche verticale peut seule, en définitive, donner tout son sens à l'être et à l'agir de l'homme, car elle le situe entre son origine et sa fin. Dans cette double démarche horizontale et verticale, l'homme se réalise pleinement comme être spirituel et comme homo sapiens. Mais on observe que le développement n'est pas uniforme et rectiligne, et que la progression n'est pas toujours harmonieuse. Cela rend manifeste le désordre qui affecte la condition humaine. Le scientifique, qui prend conscience de ce double développement et en tient compte, contribue à la restauration de l'harmonie.⁴⁶

Cela va vraiment dans le même sens.

En conclusion, je reprends celle d'un exposé de Gonseth. Il avait une pudeur, une discrétion, assez extraordinaires par rapport à sa propre foi et n'y fait allusion que très rarement.

Au moment où cet exposé s'achève, je ne puis faire mieux que me retourner vers moi-même. Quel est le sentiment, quelle est l'espérance qui m'incite à faire l'effort d'une telle analyse ? N'est-ce pas l'espoir même de la personne herméneute, celui de voir s'ouvrir la voie dans laquelle il ne lui paraîtra pas absurde de s'engager ?⁴⁷

Je trouve cela vraiment admirable.

Je vous remercie.

⁴⁶ Jean-Paul II, *discours aux participants à la session plénière de l'académie pontificale des sciences*. Samedi, 31 octobre 1992.

⁴⁷ F. Gonseth, *Sciences, morale et foi*, op. cit., p.140.

Questions et Réponses

Gonseth, Einstein et Bergson

Gonseth s'est-il intéressé à la discussion ou plutôt l'incompréhension entre Einstein et Bergson sur le temps ? D'après des découvertes scientifiques très récentes, c'est plutôt Bergson qui a raison...

GCT : L'approche de Lemaître est fortement soutenue par Gonseth. En relativité générale, il n'y a pas de temps, à proprement parler. Le temps, c'est la quatrième dimension d'un espace, il n'a rien de particulier. Si on se rappelle que la cosmologie n'est pas la science de l'univers avec un grand U, mais la science de *notre* univers, qui *nous* est observable, il y a un temps incontournable, notre temps propre. Ce que Rovelli a fait avec Alain Connes, c'est de retrouver le temps, en rajoutant à la physique quantique et la relativité générale, un troisième pôle la thermodynamique. Einstein est passé à côté de la notion d'horizon. Quand de Sitter a sorti son exemple d'un univers en expansion où il n'y avait pas de matière mais seulement une constante cosmologique, Einstein a hurlé en disant "Qu'est-ce que c'est que cela, il n'y a rien dedans, et puis cet univers a une singularité". Or ce n'est pas une singularité, c'est un horizon. Einstein n'avait pas vu cela. Il lui a manqué ce lien avec la thermodynamique, alors même qu'il a fait des contributions formidables à la thermodynamique.⁴⁸

⁴⁸ Pierre-Marie Pouget (président de l'*Association Ferdinand Gonseth* et de son conseil scientifique et philosophique) a ce commentaire pour préciser la position de F. Gonseth dans le débat Einstein / Bergson en 1922 sur la question du temps.

Le point majeur qui oppose, dans cette discussion, Einstein et Bergson, c'est que celui-ci prétend qu'en mesurant le temps, on ne dit rien du temps lui-même, et que celui-là, ne parlant pas du temps en soi, prétend s'en faire une notion pertinente en inventant des moyens de le mesurer, même si, dans sa théorie, il en fait la quatrième dimension de l'espace. Einstein, qui a aiguisé son sens critique à la lecture d'Ernst Mach, ne s'aventure pas à parler de « ce qui est en soi », c'est-à-dire censé être sans témoin. Il évite le ridicule auquel tant de philosophes, encore aujourd'hui, succombent, en nous disant comment sont les choses « en soi », indépendamment de notre esprit. Ferdinand Gonseth approuvait Einstein dans cette discussion et n'admettait pas la posture de Bergson qui affirmait atteindre le temps en son essence, comme « étoffe » du réel en soi. Il critiquait la réduction du temps à son aspect dans notre conscience. Cet aspect est l'un des aspects du temps, non le seul. Il faut lire son livre *Le problème du temps* (1964), pour saisir la complexité de la question du temps et comment nous pouvons progresser dans nos connaissances en travaillant au progrès des instruments qui nous permettent de le mesurer.

Référentiel et paradigme

Quelle différence y a-t-il entre ce que Gonthier appelle référentiel et un paradigme ?

GCT : Cette question lui a été posée par Kourim, (cf. *Mon itinéraire philosophique*). La notion de référentiel est beaucoup plus riche que celle de paradigme. Gonthier utilise souvent le mot de paradigme, mais pas au même sens que Kuhn dans sa théorie des révolutions scientifiques qui les voit un peu comme les révolutions politiques aujourd'hui.

Selon Kuhn, dans les périodes de science normale, des communautés scientifiques se forment autour de paradigmes - un paradigme est un lien entre une certaine communauté qui défend certaines idées. Il y a une sorte de compétition darwinienne entre différents paradigmes. Lors des périodes révolutionnaires, certains paradigmes sont invalidés, puis de nouveaux paradigmes rendent les anciens incommensurables. À mon avis Kuhn qui est un sociologue s'est complètement planté. Cela n'a rien à voir avec la réalité de la démarche scientifique. Par exemple, quand on est passé de la gravitation newtonienne à la gravitation einsteinienne, ce n'est pas incommensurable : la gravitation newtonienne, c'est elle qui a suffi pour la sonde Rosetta et pour Philae, il n'y a pas de relativité générale là dedans.

Un paradigme, c'est comme "Rosa, rosae, ... , rosam" quand on fait des déclinaisons latines ; on a un mot typique qui va vous donner le paradigme de la déclinaison.

Naïvement, je mettais derrière le mot "paradigme" une vision du monde, un cadre de pensée...

GCT : Oui, dans ce sens-là, le référentiel c'est bien tout cela.

La méthodologie de Gonthier

Pouvez-vous nous préciser la méthodologie de Ferdinand Gonthier ?

GCT : Elle comporte trois moments que je vais vous résumer.

- 1^{er} moment : « les modalités informationnelles » : le monde nous parvient à travers des informations, qui sont incomplètes, révisables et relatives.
- 2^e moment : « la procédure des quatre phases ».

-*Première phase*, c'est la situation de départ : on ne part jamais de zéro, on a des acquis et on voit émerger un problème.

-*Deuxième phase*, face à ce problème, on formule une hypothèse qui va nous permettre d'aller explorer l'au-delà de l'horizon de connaissance d'où nous parviennent les informations. (C'est une originalité de sa démarche, que l'on revoit d'ailleurs chez Einstein.)

-*Troisième phase*, on met en œuvre cette hypothèse pour la confronter à l'expérience par la technique conceptuelle et la technique matérielle.

-*Quatrième phase*, on retourne à la situation de départ pour savoir si l'hypothèse est bonne et a pu faire avancer le problème. S'il faut remettre en cause des aspects très profonds de la situation de départ, on fait cette remise en cause et on recommence la boucle. Si l'hypothèse est mauvaise on cherche une autre hypothèse.

•3^e moment : « *les quatre principes* ». Gonthier appelle ici "principes", non pas des principes premiers, mais des principes d'idoneité : ils ont la valeur qu'a une clef pour ouvrir une porte.

-*1^{er} principe*, le principe de *révisibilité* : toute connaissance peut être révisée si cela paraît nécessaire. Tant qu'une connaissance fonctionne, on la conserve ; si elle ne fonctionne plus, on peut être amené à la réviser.⁴⁹

-*2^e principe*, le principe de *dualité* ou de *structuralité* : Ce principe nous dit que la connaissance ne peut pas aboutir avec une démarche linéaire. (L'idée de la complémentarité est tout à fait adaptée à ce principe de dualité ou de structuralité). La démarche scientifique n'est pas linéaire, au moins deux aspects doivent intervenir, l'aspect théorique, l'aspect expérimental, et peut-être un troisième, l'aspect instrumental.

-*3^e principe*, le principe de *technicité*, lui aussi très important. Les philosophes en général, et notamment les philosophes contemporains, négligent cette notion de technicité. La technique, cela peut être la technique conceptuelle, mais aussi la technique matérielle, la technologie. L'état d'avancement des

⁴⁹ Popper prétend donner un critère de scientificité en disant que si on n'a pas le critère de falsifiabilité ce n'est pas scientifique. Gonthier n'est pas d'accord : ce n'est pas à un philosophe de dire ce qui est scientifique et ce qui ne l'est pas. Il faut laisser le scientifique libre et seul juge de l'idoneité de ce qu'il fait. Par exemple, avec la définition de la scientificité liée à la méthodologie de Gonthier, les sciences humaines sont de véritables sciences ; elles n'ont pas besoin, pour se justifier de leur scientificité, de mettre des formalismes à tout bout de champ. Gonthier a aussi libéré cela.

connaissances est fortement dépendant de l'état de la technique. Par exemple dans le cas du boson de Higgs l'aspect expérimental a été quelque chose de monstrueux. Le philosophe français Gilbert Simondon lui n'a pas négligé cet aspect de technicité.⁵⁰

-4^e principe, le principe de *solidarité* ou d'insertion dans l'ensemble de la connaissance. Quand on fait une révision, on ne peut pas faire n'importe quoi, il faut en voir toutes les conséquences dans toute la connaissance. Cela rejoint la notion de responsabilité.

Gonseth était mathématicien, mais sa philosophie s'applique parfaitement à la physique et jusqu'aux sciences humaines. Pour ce qui est des mathématiques elles-mêmes, je vois moins bien.

GCT : Justement, il a commencé à appliquer sa méthodologie là où c'était le plus difficile. C'est là son grand apport dans *La géométrie et le problème de l'espace*, un véritable chef d'œuvre. Il a libéré la possibilité d'axiomatiser, en proposant non pas une axiomatisation *formalisante*, mais une axiomatisation *schématisante*. Ce qu'il appelle le schéma est très proche de l'horizon de réalité, avec la signification extérieure du schéma et sa signification intérieure. On considère la géométrie comme l'archétype de ce qui est rigoureux - *more geometrico*⁵¹ veut dire qui vraiment relève de la géométrie pure et qui est apodictique⁵². Gonseth montre que les mathématiques sont un arbre qui croît, un édifice dont on se demande comment il tient.

Ferdinand Gonseth a-t-il eu des rapports avec Gödel ? Le théorème d'incomplétude est la plus grande révolution en mathématiques de tous les temps...

GCT : Oui, on dit même que certains des aspects que Gödel a mis en avant, Gonseth les avait vus, soit un petit peu avant, soit presque simultanément.

⁵⁰ Mon collègue du LARSIM Vincent Bontems, un philosophe professionnel embauché par le CEA, est un spécialiste de Simondon.

⁵¹ à la manière géométrique

⁵² Apodictique, ce qui présente un caractère d'universalité et de nécessité absolue.

Dans la recherche en mathématiques, il n'y a pas d'expériences reproductibles. La recherche en mathématiques se fait par conjectures. Une conjecture, c'est quelque chose auquel on croit, par exemple la conjecture de Riemann⁵³, et que l'on ne sait pas démontrer. Est-ce que Gonthier en parlait ?

GCT : Ce que Gonthier appelle sa deuxième phase, la formulation d'une hypothèse, ressemble plus à une conjecture qu'à une hypothèse. Toutes les conjectures ne sont pas indémonstrables, il y a des conjectures qui ont fini par être démontrées. Et des choses qu'on croyait absolues se sont révélées révisables, par exemple le postulat d'Euclide.

La méthodologie de Ferdinand Gonthier - et en particulier la révisibilité - pourrait-elle aussi s'appliquer à la théologie chrétienne ou plus généralement à ce que les religions ont développé à partir d'une Révélation. ?

GCT : Ce qui se passe, par exemple en ce moment à propos de l'Islam, montre qu'il y a des questions à se poser. Je ne sais pas comment, mais il faudrait que cela se fasse.

Gonthier était tellement discret, même pudique, par rapport à ses convictions les plus profondes que je ne pourrais pas le tirer dans ce sens là. Il faisait très attention, la prudence avec laquelle il s'est tourné vers la philosophie en général en témoigne. Cela étant, il a eu des débats, rudes, avec la philosophie néo-scholastique. La révisibilité, cela ne passait pas ! C'était un débattre redoutable. Tous ceux qui l'ont connu le disent. Vous avez vu cette magnifique vidéo⁵⁴ sur Internet dans laquelle une personne raconte que, quand on allait discuter avec lui, on avait l'impression d'être vampirisé. Il était aveugle et avait donc son rapport au monde par des discussions. Il intégrait à sa philosophie tout ce qu'il entendait.

⁵³ L'hypothèse de Riemann est une conjecture formulée en 1859 par le mathématicien allemand Bernhard Riemann. Elle dit que les zéros non triviaux de la fonction zêta de Riemann ont tous pour partie réelle $\frac{1}{2}$.

⁵⁴ www.rts.ch/archives/tv/culture/personnalites-suissees/3442331-ferdinand-gonthier.html
Une remarquable vidéo de la Radio Télévision Suisse (58 mn, janvier, 1969) : il s'exprime notamment sur les 4 principes fondamentaux de sa pensée (cf. *supra*).

L'actualité de la philosophie de Ferdinand Gonseth

Vous avez écrit un très beau texte⁵⁵ qui montre bien comment la philosophie a décroché de la science, alors qu'à l'époque de Descartes ou à d'autres époques les philosophes s'efforçaient - parce qu'ils la comprenaient sans doute - de s'adapter et de proposer de nouvelles théories philosophiques. Gonseth prêche pour que l'on arrive à une méthode en philosophie qui ait des points communs avec celles de la science.

GCT : Absolument, c'est son idée. Gonseth explique dans ses articles dans le *Bulletin de l'industrie horlogère* que sa méthodologie s'applique pour la résolution d'un problème et aussi pour la mise en œuvre d'un projet. Si le plus important de la philosophie de Gonseth est la mise en œuvre du projet d'exister, sa méthodologie sera aussi une méthodologie pour la philosophie. Il a un très beau texte sur la métaphysique et la philosophie ouverte où il anticipe la situation dramatique du désenracinement philosophique actuel de l'éthique scientifique. Le scientifique a droit à son autonomie philosophique, mais il y a une fonction qui appartient à la philosophie, et à elle seule, celle de promouvoir les valeurs. Il y a des valeurs dans la science, il est vrai. Mais promouvoir des valeurs dans une société, c'est les défendre, *etc.* La philosophie ne doit pas se laisser distancer par la science, ni se dissoudre dans la science. Elle doit discuter son terrain, pied à pied. Ce n'est pas une philosophie de la facilité.

J'ai beaucoup aimé le livre *Symmetry in Science*⁵⁶ du physicien Joseph Rosen - il est le fils du Rosen de l'article Einstein-Podolsky-Rosen et c'est un enseignant. Il essaie de définir la nature comme étant l'univers objectif avec lequel nous interagissons, ou au moins où il est possible que nous puissions interagir. Ensuite, il définit la science comme notre tentative de déceler dans la nature les aspects qui sont reproductibles et prédictibles. Tout n'est pas reproductible, donc la science n'a pas vocation à tout expliquer.

Dans le monde réel il n'y a jamais de phénomène reproductible. Vous allez faire aujourd'hui une expérience avec un certain matériel, demain votre

⁵⁵ *Actualité de la philosophie de Ferdinand Gonseth*, link.springer.com/content/pdf/10.1007%2FBF02965681.pdf

⁵⁶ *Symmetry in Science: An Introduction to the General Theory*, 1995, Springer Study Edition.

matériel et vous-mêmes serez légèrement différents. La reproductibilité est une première approximation, extrêmement intéressante, mais une approximation.

GCT : C'est un principe d'idonéité.

Gonseth admet-il qu'il existe d'autres canaux de la connaissance valides que la science ?

GCT : Il l'admet certainement pour la connaissance en général, et pour la connaissance artistique. Son fils Jean-Paul Gonseth, qui est psychiatre a écrit avec son père en 1950 : *Théâtre de veille et théâtre de songe - Essai de dialectisation de la conscience*. Ces articles sont extraordinaires, très poétiques, par exemple des réflexions sur ce qui se passe quand on regarde l'eau.

Gonseth est parfaitement conscient qu'il y a d'autres dimensions. Avant de parler de la foi, il commence par la morale avec la question : « *Toute morale n'est-elle pas arbitraire ?* » et répond « *On ne peut pas imaginer une société dans laquelle on va enlever toute morale.* » Ensuite, il s'interroge : « *Que se passe-t-il si je veux éteindre progressivement toute foi ?* » Quand on pose une question comme celle de la foi, il dit qu'il ne faut pas être trop précis dans la formulation, sinon on est fichu. Mais si on essaie de se demander ce qui se passerait s'il n'y avait plus aucune foi, on s'aperçoit que c'est intenable.

Neurosciences et Âme humaine

Jean-Michel Maldamé¹

« Continuant à protester contre la croyance catholique où l'on nous avait élevés, commençant à protester contre l'enseignement du lycée où nos études secondaires finissaient, [...] nous disions hardiment que l'immortalité de l'âme, c'était de la métaphysique. Depuis je me suis aperçu que la mortalité de l'âme était aussi de la métaphysique » (CHARLES PÉGU)

Comment ne pas se réjouir des progrès accomplis par les sciences de la vie et la médecine à propos de la connaissance du cerveau et de son rôle dans la vie humaine tant au plan personnel que relationnel ? En effet, les neurosciences donnent des moyens pour diagnostiquer et soigner des pathologies graves ; elles permettent à des personnes souffrantes de mieux vivre ; elles ouvrent un large champ de promesse en matière de thérapie. Ce point est habituellement traité. Il me semble cependant qu'il faille aller plus avant. En effet, les neurosciences posent des questions anthropologiques fondamentales, étudiées habituellement en philosophie ou en psychologie. Les neurosciences bouleversent cette approche traditionnelle, et les artisans du développement des neurosciences présentent leurs résultats scientifiques non seulement comme l'accès à des éléments qui enrichissent l'anthropologie fondamentale, mais comme l'accès à la vraie connaissance, témoin le propos de Francisco Varela : « *Pendant des millénaires, les hommes ont eu d'eux-mêmes une compréhension spontanée, dépendante de la culture de leur époque ; maintenant, pour la première fois, cette vision populaire de l'esprit entre en contact avec la science et en est transformée.*² » Ainsi nous sommes devant une « révolution scientifique ». Avant d'en décrire l'essor et de la situer dans le monde du savoir, il importe de dire combien ces connaissances invitent

¹ Dominicain, Membre de l'Académie Pontificale des Sciences, Professeur émérite à l'Institut catholique de Toulouse.

² FRANCISCO VARELA, *Connaître. Les sciences cognitives : tendances et perspectives*, Paris, Seuil, 1989.

à rendre hommage à la capacité de l'esprit humain et à ses conquêtes. Cet éloge ne saurait cependant conduire à méconnaître les enjeux de ces travaux, tant dans leur motivation que dans leur réception. Pour cela, nous relèverons les ambitions des promoteurs des neurosciences quand ils présentent leur savoir comme une « science de l'esprit ». Le singulier renvoie au fait que les créateurs et promoteurs constituent une communauté scientifique accordée sur les objectifs et les méthodes de disciplines diverses. Le pluriel du terme « neurosciences » ou « sciences cognitives » ne fait pas éclater cette communauté de vue et de projet.

Notre première étape examinera l'essor et la construction de cette science nouvelle³ ; la deuxième présentera la manière dont les neurosciences rendent raison d'éléments essentiels de la vie humaine et enfin nous verrons en quel sens se construit ce que certains présentent comme une « science de l'esprit » qui exclurait toute autre approche de ce que désigne le terme « esprit » dans la philosophie et la théologie. Nous pourrions ensuite proposer un chemin qui puise dans la tradition philosophique et théologique qui accorde une grande importance au terme « *psychè* », correctement traduit par le mot « âme » - mot hélas réduit à un usage sentimental ou spirituel au sens dualiste du terme. Nous le croiserons avec la notion de « personne » qui permet de dire le dynamisme de la vie humaine libre et responsable.

1. Genèse d'une science nouvelle

1.1. Le développement du savoir scientifique

Notre présentation générale des neurosciences est fondée sur un ouvrage⁴ dont le mérite est de proposer une large histoire des connaissances médicales ; cela permet de suivre l'évolution des connaissances médicales et biologiques fondatrices des neurosciences et aussi au lecteur attentif au chemin de la

³ Une vision d'ensemble est donnée par des ouvrages dus à la collaboration de divers auteurs, sous la direction de François DORTIER, *Le Cerveau et la pensée*. Le nouvel âge des sciences cognitives, Paris, Sciences humaines éditions, 2014 ; sous la direction de Françoise MONNOYEUR, *Questions vitales : Vie biologique, vie psychique*, Paris, éditions Kimé, 2009.

⁴ François CLARAC et Jean-Pierre TERNAUX, *Encyclopédie historique des neurosciences*. Du neurone à l'émergence de la pensée, « Neurosciences et cognition », Bruxelles, De Boeck Université, 2008.

pensée de voir les options philosophiques⁵. Notre perspective sera plus critique que ces rappels d'histoire des sciences et des progrès médicaux.

1.1.1. Médecine scientifique

Au risque de la simplification, il faut reconnaître que les premiers pas de la connaissance du cerveau et du système nerveux central remontent à la naissance de la médecine dès le temps des médecins et philosophes de l'Antiquité (Hippocrate, Aristote, Gallien), puis ils se développent lors de la naissance de la science mathématisée (au XVII^e siècle avec Descartes et ses disciples). Si fragmentaires que soient ces études, elles participent d'une visée toujours actuelle, puisque liée à l'étude systématique des cas médicaux et à l'observation – comme le montre le tableau de Rembrandt représentant la leçon d'anatomie où le Professeur Deyman se penche sur le cerveau du corps autopsié.

Grâce à cette méthode, les médecins modernes ont introduit dans un sens nouveau la notion de « nerf » ou « fibre nerveuse ». Cela apparaît comme un moment décisif de la fondation des neurosciences, puisque grâce à ce concept la méthode scientifique peut s'attacher à l'étude du cerveau. La notion de « nerf » a permis de comprendre que le cerveau est un système, comparable à un réseau où circule une forme spécifique d'influx. Disparaissent les « esprits animaux » dont parlaient Rabelais et Descartes, au profit de la circulation de l'électricité ! Ces premiers pas ont permis de forger un modèle selon lequel le cerveau ou le système nerveux peuvent être comparés à un système formalisé selon des modèles scientifiques validés selon les exigences de la médecine expérimentale.

1.1.2. Nerfs et neurones

Ce modèle a été perfectionné lorsque l'observation s'est affinée avec Golgi et que le concept de « neurone » a été présenté par Cajal⁶. Ce concept fournit une base physiologique à la « transmission nerveuse » ; il introduit à une représentation de l'activité cérébrale en termes de « message » transmis ou échangé. C'est alors que se fondent véritablement les neurosciences, puisque la physiologie dispose d'une description globale de l'activité neuronale ; celle-ci

⁵ André PARENT, *Histoire du cerveau*. De l'Antiquité aux neurosciences, Laval, Québec Canada, Presses de l'Université de Laval, 2009.

⁶ Camillo Golgi (1843-1926) ; Ramon y Santiago Cajal (1852-1934).

ne fait plus appel seulement à l'électricité, mais tient compte des éléments chimiques et plus encore de la nature des échanges biologiques. Cette première étape donne une vision globale du cerveau qui donne à un vivant d'être actif en son autonomie⁷.

Les neurosciences s'enrichissent aussi des connaissances liées à l'étude des réseaux ; elles intègrent les résultats des travaux liés au traitement de l'information dans la science dite informatique et ses applications à la construction de systèmes dont le modèle est le robot, capable de réaliser des activités jusque là liées à la vie et à l'intelligence humaine.

1.1.3. Techniques modernes

Depuis que cette unité du savoir s'est réalisée, des progrès considérables ont été accomplis pour l'étude du fonctionnement cérébral – en premier lieu ce qui relève de la neuro-imagerie, mais aussi la stimulation cérébrale. Ainsi, à la fin du XX^e siècle, il y a eu un renouvellement complet des méthodes de la neurophysiologie, qui a rendu possible l'enregistrement de l'activité des neurones isolés chez des animaux éveillés et libres de leurs mouvements.

Ces techniques permettent l'étude de l'activité humaine. En effet, on recueille l'activité neurone par neurone dans une zone du cortex. L'analyse permet d'identifier, dans un même réseau, les neurones actifs lors de la présentation d'un stimulus complexe. L'analyse de ceux qui sont actifs lors du comportement témoigne du choix fait par le sujet observé selon des critères scientifiques ; elle permet l'observation des étapes intermédiaires entre les deux, ceux qui retiennent l'information pertinente le temps pour l'animal de préparer sa propre réponse. Ces données qui relèvent des exigences scientifiques, parce qu'objectives et quantifiables, fondent les neurosciences et nourrissent l'ambition d'avoir accès à la totalité de la compréhension scientifique de la vie humaine⁸.

Le livre de J.-P. Changeux, *L'Homme neuronal*, témoigne de la fascination qui naît de cette espérance, puisque la « science médicale et biologique » donne accès à des connaissances scientifiques, mais aussi à des

⁷ Travaux de Sherrington (1857-1952).

⁸ Un élément important vient du fait que le croisement de ces activités informatiques et des observations médicales suppose aussi une attention au langage. Il s'agit d'abord des mots, mais aussi de la construction logique des propositions et cela éclaire les processus de l'action.

domaines jusqu'alors réservés à des disciplines différentes comme la psychologie ou la philosophie⁹. J.P. Changeux considère son livre comme un manifeste pour cette entreprise¹⁰ - quoi qu'il en soit de ses options philosophiques, ce point est à prendre en compte. « *L'Homme neuronal est paru à un moment où la neuroscience s'était définitivement mise en place. Il en est en quelque sorte le manifeste et offre une première synthèse de ce nouveau champ traitant de biologie moléculaire, mais aussi d'"objets mentaux", de "problèmes de conscience", et de "substance de l'esprit".* »

1.2. Un cerveau en devenir

La présentation actuelle du savoir sur le cerveau intègre une autre perspective qui justifie l'ambition des neurosciences. Celles-ci vont plus avant que les premières conceptions neurologiques car elle prend en compte le devenir. Nous pouvons à ce propos distinguer deux éléments¹¹ : Une histoire du sujet et une histoire plus générale de la vie.

1.2.1. Développement du cerveau

Les études en neurologie se sont attachées à l'étude de la manière dont le cerveau se constitue au cours du développement embryonnaire. Elles montrent le rôle des gènes dans un processus de construction. Le cerveau d'un adulte reflète l'existence d'un plan préétabli qui fait que son anatomie est la même d'un individu à l'autre. Cette fabrication montre qu'il y a un « guidage » qui fait que tous les cerveaux humains sont de même type ; ainsi l'invariance du cerveau humain, fondée sur anatomie commune, fonde la notion d'espèce. La comparaison des êtres humains avec les autres espèces animales montre aussi l'importance relative de leur cerveau par rapport au corps et surtout l'importance des premiers mois de la vie où se met en évidence ce que l'on appelle « plasticité synaptique ».

⁹ Le lecteur français trouvera une vision d'ensemble du projet dans l'ouvrage au titre significatif : Marc JEANNEROD, *La Nature de l'esprit. Sciences cognitives et cerveau*, Paris, Odile Jacob, 2002 et *La Fabrique des idées. Une vie de recherche en neurosciences*, Paris, Odile Jacob, 2011.

¹⁰ Jean-Pierre CHANGEUX, *Du vrai, du beau et du bien. Une nouvelle approche neuronale*, Paris, Odile Jacob, 2010, p. 484.

¹¹ Marc JEANNEROD, *Le Cerveau intime*, Paris, Odile Jacob, 2002. Cet ouvrage tenait lieu de catalogue pour une exposition organisée par l'auteur à la Cité des Sciences et de l'Industrie de Paris sur ce thème.

Plus encore, ce processus d'expansion et de remodelage synaptique ne cesse pas avec la fin du développement : il se poursuit bien-au-delà de la période de l'enfance pour s'étendre à toute la vie, même si c'est avec une intensité décroissante. Les observations permettent de conclure que « *les synapses du cerveau sont façonnées par un processus de croissance qui dépend du taux d'information qui les traverse* »¹² ; ainsi la physiologie explique les processus de l'apprentissage et de la mémoire. Quel type d'explication ?

1.2.2. Globalisation et unité

Cette construction est plus fine que les propositions faites dès le XIX^e siècle sur la structure du cerveau divisé en zones différentes¹³. Cette division faisait correspondre des activités à des zones particulières du cerveau. Cette vision a dominé les travaux des neurosciences et elle continue d'être très active. L'observation clinique a permis de lier des troubles (perte d'activité ou élimination de certaines étapes dans un processus) à des zones victimes d'une lésion. Cette division s'est affinée au fur et à mesure de la possibilité de procéder à des analyses plus fines. Le cerveau n'est pas un réseau figé, mais un ensemble qui a une certaine plasticité. L'étude ne se limite pas à l'articulation d'éléments distincts, elle considère les interactions et les échanges.

Ainsi, les informations nerveuses produites par plusieurs organes des sens à propos d'un même objet fusionnent pour en donner une représentation une. Ce processus de globalisation se voit dans le fait que l'organisation topographique du cortex cérébral n'est pas proportionnelle à la surface du récepteur : le visage, la main occupent une place fort importante – cela montre que le cerveau a une structuration qui ne correspond pas à la morphologie, mais à une activité. L'information qui circule dans le système nerveux n'est pas linéaire.

La connaissance du cerveau ne se réduit pas à l'examen des éléments constitutifs. Pour cette raison, il convient de distinguer entre « les neurosciences cellulaires et moléculaires », qui étudient les mécanismes des gènes, des canaux, des synapses et des neurones, et « les neurosciences intégratives ou cognitives », qui se consacrent à l'étude des niveaux d'organisation plus élevés et des réseaux. Ainsi les neurosciences accèdent au domaine de la vie humaine en ses éléments fondamentaux.

¹² *Le Cerveau intime*, p. 63.

¹³ Les premiers pas ont été faits par Gall (1757-1828) et Broca (1824-1880).

1.2.3. Évolution du cerveau

L'importance de cette structuration progressive se voit aussi dans le cadre de la théorie de l'évolution où l'étude du cerveau est un domaine majeur de la quête de la spécificité humaine. L'examen par comparaison avec les animaux montre comment le cerveau humain est structuré de manière à optimiser sa masse et sa complexité (taille, répartition des différentes régions du cerveau, passage à un fonctionnement asymétrique) et ainsi à produire de l'information et corrélativement à augmenter notablement son volume. Le cerveau humain est l'aboutissement d'un processus ordonné dont on a pu reconstituer la trajectoire. Cet effort (travaux de Spencer, Haeckel, Fleching, MacLean) s'est développé dans l'héritage de Darwin ; il participe donc d'une philosophie de la nature qui insiste sur la continuité, la gradualité et le progrès selon le paradigme darwinien de l'évolution.

Ces idées apparaissent aujourd'hui trop simplistes, quand on prend en compte l'importance du langage. Or parler de langage reconnaît qu'il existe une possibilité de communication spécifique, fondée sur ce que les neurosciences appellent « état mental ». L'introduction de la notion d'état mental est une étape essentielle de la construction des neurosciences aujourd'hui.

L'activité cérébrale repose sur la complexité du système biologique ; mais pour la comprendre, les neurosciences s'attachent à ce qui est inscrit dans l'activité humaine spécifique la plus noble, celle qui reconnaît une activité que les théories évolutionnistes appellent « culture ». Dans cette perspective, un concept apparaît, celui de « représentation ». Cette prise en compte entend rester dans le champ opératoire des sciences de la nature. Les promoteurs des neurosciences entendent bien ne pas quitter leur méthode, dite « naturalisation¹⁴ ».

1.3. Le cerveau au centre de la vie

La science prenant en compte l'activité humaine en ce qu'elle a de spécifique s'est attachée à des éléments qui relèvent des fonctions fondamentales de la vie, quand elle est objet de la médecine expérimentale.

¹⁴ Comme le dit le titre du colloque, *Naturaliser la phénoménologie*, Paris, CNRS éditions, 2002.

1.3.1. L'action

La méthode expérimentale appliquée à l'étude du cerveau a conduit à privilégier l'observation de l'action¹⁵. Les éléments constitutifs (canaux ioniques, récepteurs, synapses, neurones) sont adaptés à une action et l'on peut même dire qu'ils sont finalisés par une action.

Passant du monde animal au monde humain, les neurosciences prennent en compte la réalisation d'un plan d'action. Elles étudient le processus dans son ensemble, de la formulation d'une intention à l'identification du sens d'un objet ou à la reconnaissance d'un visage. Les notions qui tissent les neurosciences sont alors marquées par les analogies avec les processus étudiés dans les laboratoires d'intelligence artificielle où des systèmes de plus en plus complexes s'attachent à développer leurs capacités de perception, de reconnaissance, d'évaluation des situations et de prise de décision. La notion de « science cognitive » et le terme de « cognition » sont apparus dans ce contexte. L'objet premier de ces études est un élément fondamental de la vie : la connaissance par un vivant de son environnement et de lui-même.

1.3.2. Les émotions

Un élément important qui caractérise l'essor récent des neurosciences a été l'attention au monde des émotions. Ce point est important, parce qu'il corrige le primat des analogies entre les machines qui traitent l'information et la structuration du système neuronal. Cette analogie, qui était souvent présentée comme une homéomorphie, conduisait à méconnaître la sensibilité. Les neurosciences dans leur projet unitaire se sont donc préoccupées de prendre en compte les émotions. Il y a eu à la fin du XX^e siècle et dans la dernière décennie une attention toute spéciale aux émotions comme s'il fallait découvrir un continent nouveau. Les travaux d'Antonio Damasio sont significatifs de cette démarche¹⁶. En effet, A. Damasio prend à partie Descartes

¹⁵ Jean-Luc PETIT, *Neurosciences et philosophie de l'action*, Paris, Vrin, 1997.

¹⁶ Antonio R. DAMASIO, *Le Sentiment même de soi. Corps, émotion, conscience*, trad. fr., Paris, Odile Jacob, 1999 ; *L'Erreur de Descartes. La raison des émotions*, Paris, Odile Jacob, 2001 ; *Spinoza avait raison. Joie et tristesse, le cerveau des émotions*, trad. fr., Paris, Odile Jacob, 2003. Il écrit : « Me séparant des conceptions neurologiques courantes, j'avance l'idée que les circuits neuronaux qui sont à la base de la perception des émotions ne sont pas seulement localisés dans ce que l'on appelle le système limbique. [...] Je pense qu'il en figure également dans certaines parties du cortex préfrontal, et aussi, et c'est plus important, dans les régions du cerveau où se projettent

pour lui reprocher d'avoir compris le corps selon un modèle mécanique à l'image des automates construits à cette époque. Il propose de valoriser ce qui relève du sentiment et de l'émotion définis par leur fonction biologique de régulation des échanges vitaux¹⁷. Les émotions sont alors présentées comme le fondement de l'activité cérébrale qui commence par la saisie d'informations par les sens.

1.3.3. La mémoire

Cette considération se prolonge sur une étude de la mémoire. Ce point a été choisi par Bergson pour récuser le matérialisme impliqué dans les travaux de Ribot et autres médecins positivistes¹⁸. La pertinence de ce choix est confirmée, car la mémoire est à l'articulation des questions concernant la spécificité de l'être humain.

Les premiers travaux ont porté sur les propriétés microphysiologiques pour caractériser les mécanismes moléculaires de l'hippocampe qui est présenté comme le « lieu » de la mémorisation¹⁹. Cette étude a bénéficié récemment de la découverte que, contrairement à ce qui avait été dit pendant longtemps, des neurones nouveaux apparaissent dans le cerveau. Ainsi la mémoire n'est pas seulement un enregistrement passif, mais une réaction qui enrichit le cerveau. Cette découverte ouvre sur une caractérisation de la spécificité humaine par rapport aux animaux.

En effet, si les émotions se réduisent à être des réponses à des stimuli, ce type de réponses n'est pas proprement humain ; il appartient aussi à d'autres espèces²⁰. Or l'enrichissement du cerveau conduit à reconnaître une différence entre l'homme et l'animal. Chez les animaux, on relève en effet une « mémoire d'espèce », celle d'un instinct qui se transmet d'une génération à l'autre par le biais d'un codage génétique. Le terme « instinct » désigne ici ce qui permet à

et où sont intégrés les signaux en provenance du corps » (p. 11).

¹⁷ *Spinoza avait raison*, « La vie étant un acte complexe, la plupart des sentiments sont l'expression de la lutte pour atteindre l'équilibre » (p. 13) et encore : « L'état particulier de ces composants du corps, représentés dans les cartes corporelles du cerveau, est le contenu des perceptions qui constituent les sentiments » (p. 91).

¹⁸ Henri Bergson prend pour point de départ de son procès du matérialisme positiviste la mémoire dans le célèbre traité *Matière et mémoire* qui s'oppose aux thèses médicales défendues par Ribot.

¹⁹ Travaux d'E. Kandel sur l'aplysie, couronnés par le prix Nobel en 2000.

²⁰ Marc JEANNEROD, *La Nature de l'esprit*, p. 106.

chaque individu d'une espèce de disposer d'un répertoire de comportements adaptés aux principales fonctions vitales : rechercher la nourriture, construire un gîte, se défendre, se reproduire, protéger sa progéniture et on note qu'il fonctionne pratiquement sans apprentissage. Au contraire, chez l'être humain, la situation paraît inversée dans la mesure où la mémoire humaine est avant tout individuelle²¹.

Ce qui vient d'être rappelé rapidement sur les émotions et la mémoire montre bien que les neurosciences ne sont pas qu'un examen du fonctionnement d'un organe, mais bien une quête de compréhension du vivant comme tel. Le défi est alors de respecter la spécificité humaine et d'éviter les pièges du réductionnisme tout en acceptant de recevoir les connaissances apportées par les neurosciences. Il y a donc un défi : face aux possibilités données par les techniques, les neurosciences sont confrontées à un programme qui semble encore les dépasser : décoder les mécanismes de l'esprit, comprendre le fonctionnement de la mémoire, de l'affectivité et de la pensée. Nous demandons alors : de quel point de vue ?

2. L'homme à la lumière des neurosciences

Le rappel des étapes essentielles des neurosciences a montré que celles-ci s'attachent à donner une compréhension de l'activité du cerveau. Leurs succès en ont fait plus qu'une association de techniques médicales ou biologiques, mais une manière nouvelle de voir le vivant. Il nous faut donc considérer quelle est la nouveauté de cette vision de la vie et tout particulièrement de la vie humaine.

2.1. Les études médicales

Un des éléments important pour le développement des neurosciences a été l'observation médicale du changement dans ce qu'il est convenu d'appeler la « personnalité ». L'étude n'est pas physiologique, mais comportementale. Elle concerne ce que l'on appelle habituellement « la personnalité », l'attitude globale d'un être humain dans sa manière d'être lui-même et avec les autres dans des situations variées.

²¹ *La Nature de l'esprit*, p. 136-137.

Un exemple célèbre parce que fondateur²² est celui de Phineas Gage (1823-1860). Cet ouvrier a été victime d'un accident du travail ; à la suite d'une explosion dans la mine où il travaillait, une tige de fer lui a traversé la partie gauche de la face et une partie du cerveau. Bien soigné, il a pu reprendre son travail et une vie active « normale », mais il est apparu que son attitude avait changé. Les témoins disaient de lui : « Il n'est plus le même homme ». Les neurologues se sont intéressés à ce cas exemplaire et à ceux de bien d'autres victimes de traumatismes. Les techniques modernes d'imagerie cérébrale ont permis de cartographier la zone victime de lésions, tout particulièrement celles de la zone frontale. Ainsi on a donné un fondement biologique aux racines du comportement, tant vis-à-vis de soi que des autres. L'étude médicale des traumatisés ou des victimes de tumeurs a conduit à relever les relations entre comportement et telle ou telle zone du cerveau : dépression, euphorie... C'est pourquoi l'étude clinique du comportement a permis aux sciences cognitives d'entrer dans le domaine de la psychologie. Ainsi les études cliniques deviennent-elles un fondement de la connaissance de l'être humain en sa spécificité et sa globalité. Le cerveau n'est pas un organe comme les autres ; il est étroitement lié à ce que l'on appelle le caractère ou la personnalité. Les neurosciences sont le chemin pour la connaissance de la personne humaine. On voit bien l'ambition de cette approche de la vie humaine. Est-ce qu'elle prend en compte les éléments spécifiques de la vie humaine ? La question se pose à raison de la méthode d'objectivation utilisée en science.

Les études de neurosciences sont habituellement en situation de rejet par rapport à ce qu'elles appellent une psychologie « ordinaire » ou « psychologie populaire », dont l'arbitraire est établi par des observations systématiques selon les critères de la méthode expérimentale. Ainsi Stanislas Dehaene cite les expériences où un patient, atteint d'une lésion ou d'un trouble du cerveau, se trompe ; il dit de ce qu'il perçoit ou ressent autre chose que ce qui est observé de manière objective. La subjectivité du patient est prise en défaut. Ainsi l'approche traditionnelle qui analyse la conscience à partir du sujet lui-même est considérée comme source de confusions, voire d'erreurs. Le projet des

²² Ce cas exemplaire est présenté par Antonio R. DAMASIO, *L'Erreur de Descartes. La raison des émotions*, Paris, Odile Jacob, 2001. Il est éclairant de noter que ce cas médical et d'autres semblables ont été au fondement des travaux de William James, pour fonder une psychologie antispiritualiste, qu'il appelait « science de l'esprit ».

neurosciences est alors défini par la maxime « *faire du subjectif une science* »²³.

2.2. Les états mentaux

Pour la compréhension de l'identité et de la spécificité humaine, les théoriciens des neurosciences ont introduit deux concepts qui sont au cœur de leur démarche. Comme nous l'avons vu, une première étape a consisté à mettre en parallèle le cerveau et les « machines intelligentes »²⁴. La « métaphore de l'ordinateur » identifiait les règles du fonctionnement des machines susceptibles de traiter l'information avec l'activité humaine de la raison et même de la pensée. Cela ne faisait que reprendre une idée ancienne – présente chez Leibnitz - selon laquelle « penser c'est calculer ou manipuler des symboles ». La pensée est une « activité symbolique » au sens restreint du terme dans les traités de mathématiques.

Les avancées des neurosciences ont montré que cette comparaison n'était pas pertinente en tout point et qu'il fallait prendre en compte un certain nombre de dimensions de la cognition, comme le relève Marc Jeannerod : 1. « L'activité du système nerveux peut être représentée comme les contours d'une carte à plusieurs dimensions plutôt que comme une séquence de symboles » ; 2. « Le cerveau fait partie d'un ensemble d'organes » ; 3. « Le fonctionnement d'un cerveau est le résultat d'une histoire telle que deux cerveaux ne sont jamais les mêmes » ; 4. « Le cerveau fonctionne dans un

²³ Stanislas DEHAENE, *Le Code de la conscience*, Paris, Odile Jacob, 2014, Introduction, p. 16-35. Ce projet se dresse aussi contre la démarche philosophique ; ce qui est rejeté est la « psychologie phénoménale », cf. Jaewon KIM, *Philosophie de l'esprit*, Paris, Ithaque, 2008.

²⁴ Les articles fondateurs ont été publiés en traduction française par Aline PÉLISSIER et Alain TÊTE, *Sciences cognitives. Textes fondateurs (1943-1950) : Wiener, Rosenblueth, Bigelow, McCulloch, Pitts, von Neumann, Hebb, Weaver, Shannon, Turing*, Paris, PUF, 1995. L'étude de leurs commencements est accessible grâce aux ouvrages d'introduction, Jean-Gabriel GANASCIA, *Les Sciences cognitives*, « Dominos », Paris, Flammarion, 1996 ; Francisco VARELA, *Invitation aux sciences cognitives*, « Points », Paris, édit. du Seuil, 1996. Il faut aussi se référer aux présentations génétiques des sciences cognitives ; la plus réfléchie est celle de Jean-Pierre DUPUY, *Aux origines des sciences cognitives*, Paris, La Découverte, 1994 ; la plus complète celle de Howard GARDNER, *Histoire de la révolution cognitive. La nouvelle science de l'esprit*, Paris, Payot, 1993.

réseau qui comprend d'autres cerveaux ²⁵». Pour M. Jeannerod, ces propriétés prennent en compte la spécificité de la vie, et il conclut : « Ce n'est pas le nombre qui compte, c'est l'organisation, la configuration. » Ainsi, en ne se limitant pas à la métaphore du calcul d'ordinateur, les neurosciences ont introduit le concept d' « état mental ».

L'expression « état mental » renoue avec le vocabulaire des philosophes pour tenir compte du fait que « les propriétés sémantiques sont indépendantes du support physique : elles peuvent être les mêmes pour un document fixé sur un support papier ou sur disque dur, par exemple. Toutefois, elles ne peuvent exister indépendamment d'un support. En d'autres termes, il n'y a pas de sens qui flotte entre deux incarnations. Le problème que se posent les chercheurs en sciences cognitives et donc de savoir comment des propriétés non sémantiques (physiques) peuvent produire des propriétés sémantiques, ou, à l'inverse, comment le contenu sémantique d'une représentation peut être naturalisé en termes de propriétés physiques du réseau nerveux.²⁶ » Avec les mots « produire » et « naturaliser », nous voici donc au seuil d'un projet philosophique où le physique produit le mental et les activités spirituelles sont dans leur substrat physique. Cette philosophie entend rendre raison de ce que désignent les termes de conscience, d'intentionnalité et de représentation.

2.3. L'intentionnalité et la représentation

Dans le prolongement de la notion d'acte mental, les promoteurs des neurosciences ont introduit la notion d'« intentionnalité ». Cette notion prend acte du fait que dans la vie mentale le cerveau n'est pas pure passivité, car il n'est pas un pur récepteur ; il a un rôle actif. En effet, la diversité des informations est assumée par un acte spécifique dont le terme est une « représentation » ; dans ce mot, le préfixe « re » dit un retour ou une réponse, et donc une action nouvelle qui a pour effet la production d'un état mental. La

²⁵ Marc JEANNEROD, *La Nature de l'esprit*, p. 21-22.

²⁶ *Ibid.*, p. 28 ; M. Jeannerod poursuit : « Cette naturalisation vise à faire de l'activité mentale, celle qui constitue nos représentations, la production, ou la conséquence, de l'activité biologique : telle est la partie centrale de l'entreprise de naturalisation, celle qui fait des états mentaux des objets naturels, ayant leur origine et leur cause dans la nature. Ce n'est qu'à partir de là qu'on peut tenter de déterminer les effets de nos représentations sur notre comportement ; ce n'est que si les états mentaux sont des états cérébraux qu'on peut envisager leurs effets sur les autres parties du cerveau, les muscles ou les organes végétatifs » (p. 28-29).

notion d'intentionnalité est alors reprise de la philosophie pour reconnaître la responsabilité de cette démarche du cerveau, tant pour la connaissance que pour les émotions.

L'attention à cette activité des neurones permet de retrouver bien des éléments de la philosophie traditionnelle. L'émotion ressentie à un moment est marquée par ce qui a été vécu ; les affects de la vie antérieure ont été enregistrés dans le cerveau, aussi la réaction n'est pas liée à l'immédiat, mais à ce qui a été vécu. Il y a donc une vie « intime ». Cette remarque ne concerne pas que les émotions ; elle concerne toute l'activité. L'action est commandée par un cerveau qui garde en lui le fruit de ce qui précède. La mémoire qui préside à l'action est riche de ce qui a été vécu. Il est alors clair que le terme « intentionnalité » est repris des sciences de l'action, parce que le terme « intention » désigne ce qui précède l'action et qui la cause²⁷. Il y a une équivoque sur le mot « intentionnalité²⁸ ». De fait, le maître mot des sciences

²⁷ « L'émotion ne se réduit pas à son apparence, elle charrie le vécu intime de celui ou de celle qui la ressent. Nous retrouverons cette propriété d'intentionnalité dans un autre chapitre à propos de l'action qui, elle aussi, contient l'intention, ou le but vers lequel elle est dirigée » (*ibid.*, p. 46).

²⁸ L'usage du terme « intentionnalité » ne respecte pas le sens qui est le sien dans le monde de la philosophie. Le terme intentionnalité vient du latin où le mot *intentio* a été employé en philosophie de la connaissance. Il a pris son développement dans le cadre universitaire avec Thomas d'Aquin. Le terme est employé en deux sens. D'abord l'application de l'esprit à un objet de connaissance à partir du verbe *tendere*, tendre et de tension de l'esprit vers lui, l'attention (le mouvement d'application de l'esprit vers un objet de connaissance). C'est le mouvement ou le dynamisme de l'esprit qui tend ou s'applique à connaître (en latin : *actus mentis quo tendit in objectum*) ; elle est dite intention formelle *intentio formalis*. Ensuite, le contenu même de la pensée auquel l'esprit s'applique ; elle est dite *intentio objectiva* (ce qui est pensé). La première intention est ensuite spécifiée en *intentio prima* ce qui est pensé de l'objet saisi par la pensée sans réflexion sur sa propre activité et *intentio secunda* ce qui est pensé du statut de cet objet pensé, ce qui relève de la réflexion – à la base de la logique. C'est ce terme qui a été repris par les philosophies allemandes par Brentano et surtout par Husserl dans un sens différent qui rompt avec le réalisme de la perspective médiévale. Le terme intention est passé dans le langage de la morale pour dire que l'esprit se propose un but à l'action. La philosophie de Husserl ayant dominé la pensée européenne, le terme est donc devenu disponible : les neurosciences s'écartent de la perspective de Brentano qui a écrit : "Cette présence intentionnelle appartient exclusivement aux phénomènes psychiques. Aucun phénomène physique ne présente rien de semblable", ce qui signifie que la science de l'intention (la psychologie) doit être autonome par rapport aux sciences de la nature et donc que l'on ne peut réduire le vocabulaire de la philosophie au vocabulaire de la physique et en donner une traduction stricte dans le langage de la science.

cognitives est celui de conscience²⁹.

Au terme de ce deuxième paragraphe, nous constatons que les neurosciences ne se réduisent pas à la seule étude du cerveau. Pour ses fondateurs, il ne s'agit pas seulement de comprendre les mécanismes d'un système hypercomplexe, de les formaliser selon des modèles mathématiques, c'est un projet anthropologique qui s'attache à répondre aux questions fondamentales que se posent les humains : « *Qui suis-je ?* » ; et donc, au-delà de la pratique thérapeutique, ce projet met en œuvre l'exigence fondatrice de la culture : « *Connais-toi toi-même* ». Les neurosciences ne se présentent pas seulement comme une partie de la science, mais comme une philosophie de l'esprit ; il nous faut en voir les intentions fondatrices.

3. Ambition d'une nouvelle discipline

Les neurosciences donnent une vision d'ensemble de la vie et tout particulièrement de la vie humaine. Elles sont aussi habitées par une ambition : répondre aux questions fondamentales de l'existence humaine. Il est éclairant de voir la justification du chemin emprunté qui écarte la manière traditionnelle de la philosophie et de la psychologie.

3.1. Une méthode réductionniste

Une première remarque s'impose à partir du fait que les auteurs de référence sont pour l'essentiel aux États-Unis et donc dans la tradition anglo-saxonne où le mot « *mind* », habituellement traduit par « esprit », n'a pas la même extension qu'en français. Il est lié à une culture où le pragmatisme enveloppe tous les concepts. Il faut donc reconnaître cette différence incontestable et être attentif au fait que le terme esprit dans les traductions des textes anglo-saxons (qui sont l'essentiel de la production en la matière) est équivoque. Cette différence de sens est souvent inaperçue dans des ouvrages écrits par des scientifiques, mais quand des philosophes conscients de cette

²⁹ « Nous proposons que la conscience correspond à une diffusion globale de l'information dans le cortex. Elle émerge d'un réseau de connexions corticales dont la fonction est de diffuser, à l'ensemble du cerveau, certaines informations sélectionnées en vertu de leur pertinence. Une idée est consciente lorsqu'elle est codée par une assemblée de neurones au sein de cet espace cérébral spécifique » (Stanislas DEHAENE, *Le Code de la conscience*, p. 32).

situation le font, ce n'est pas sans la volonté de promouvoir une philosophie dont ils connaissent parfaitement la dimension métaphysique³⁰. L'usage du mot esprit indique que leur ambition a une dimension métaphysique³¹. Celle-ci est fondée sur une option fondamentale : tenir à distance le sens traditionnel du mot « esprit », sans se préoccuper de sa complexité³².

La « philosophie de l'esprit » née des neurosciences s'enracine dans la démarche scientifique des neurosciences ; elle se justifie par les succès médicaux ; mais surtout elle prétend que seule la méthode scientifique permet d'atteindre la vérité et qu'elle seule peut prétendre à l'universel. Pour elle, hors de ce qui est observable selon les méthodes scientifiques, rien ne peut être considéré comme assuré. La psychologie traditionnelle qui est fondée sur ce qu'une personne dit d'elle-même, de sa vie intime, de ses convictions ou émotions, est disqualifiée. Seul ce qui est observé peut être pris en compte comme point de départ pour une réflexion rationnelle et méthodique. Cette philosophie récuse la notion traditionnelle d'esprit, liée à l'immatérialité, voire au « spiritualisme », ici considéré comme l'ennemi à abattre. Elle s'oppose aussi à la psychologie qui place au principe de l'action des « intentions » pour les remplacer par des états physiologiques, objet de science. Leur point de départ est limité à l'« état mental » considéré comme activité cérébrale. Il ne s'agit pas d'ajouter un champ du savoir à d'autres, mais vraiment d'opérer un remplacement ; ce projet est exprimé par Paul Churchland de manière programmatique : *« Notre conception commune des phénomènes psychologiques constitue une théorie si radicalement déficiente que ses*

³⁰ Jean-Noël MISSA, *L'Esprit-cerveau. La philosophie de l'esprit à la lumière des neurosciences*, Paris, Vrin, 1993, note : « L'expression "philosophy of mind" adoptée par les auteurs anglophones trouve en *mind* un concept philosophique plus neutre que son équivalent français "esprit" qui possède une connotation spiritualiste. Dans ce travail nous accordons au terme esprit le sens de son analogue anglais *mind*. » (p. 18).

³¹ Évoquant ses souvenirs de sa classe de philosophie au lycée, Péguy note : « Continuant à protester contre la croyance catholique où l'on nous avait élevés, commençant à protester contre l'enseignement du lycée où nos études secondaires finissaient, préoccupés de n'avoir pas peur, de ne pas avoir l'air d'avoir peur, nous réagissions contre la complaisance [du maître à l'égard du spiritualisme]. Nous étions durs. Nous disions hardiment que l'immortalité de l'âme, c'était de la métaphysique. Depuis je me suis aperçu que la mortalité de l'âme était aussi de la métaphysique », Charles PÉGUY, « Encore de la grippe », *Œuvres en prose*, t. 1, Bibliothèque de la Pléiade, Paris, Gallimard, 1987, p. 420.

³² Pour la critique de cette option, voir Francis WOLFF, *Notre humanité. D'Aristote aux neurosciences*, Paris, Fayard, 2010 ; Michel BITBOL, *La Conscience a-t-elle une origine ?*, Paris, Flammarion, 2014.

principes et son ontologie seront un jour non pas réduits en douceur mais remplacés par les neurosciences parvenues à maturité »³³.

C'est donc au sens strict que les neurosciences sont portées par la volonté de faire une « philosophie de l'esprit » dont l'intention est bien de remplacer la philosophie antérieure en répondant aux exigences de totalité de la démarche philosophique. Une introduction à cette nouvelle perspective est donnée dans une anthologie intitulée *Philosophie de l'esprit*³⁴. Ces textes sont pour la plupart l'œuvre de figures fondatrices des neurosciences (et éminentes puisque couronnées par le prix Nobel ou autres reconnaissances académiques) qui ont eu l'occasion d'explicitier le sens de leur travaux dans des revues philosophiques. Ces textes disent bien l'intention de cette recherche et les débats qui sont nés de leurs travaux. Cet ouvrage reste enfermé dans leur horizon ; il ne prend pas de recul comme le fait Élisabeth Pacherie qui, en philosophe experte, situe les courants de pensée de manière rigoureuse³⁵. Les options philosophiques des auteurs ne sont pas identiques ; nous ne pouvons les citer dans les limites de notre propos. Avant d'en faire une critique d'ensemble, il est bon de retracer les débats internes. À partir d'eux, il sera possible de renouer avec une philosophie de la vie et une anthropologie faisant droit à leurs objections légitimes contre le dualisme. Il faudra aussi proposer une vision plus respectueuse de la vie humaine en ce qu'elle a de spécifique.

³³ Paul CHURCHLAND, « Eliminative Materialism and the Propositional Attitudes », *The Journal of Philosophy*, LXXVIII, 1981, p. 67.

³⁴ Denis FISETTE et Pierre POIRIER, *Philosophie de l'esprit*. Textes clés de la philosophie de l'esprit, t. I, *Psychologie du sens commun et sciences de l'esprit* ; t. II, *Problèmes et perspectives*, Paris, Vrin, 2002 et 2003. Nous citons cette anthologie. Le premier volume est divisé en deux parties : « La psychologie populaire : mythe ou réalité ? » et « Conceptions de l'esprit ». Le second volume porte sur les problèmes fondamentaux de la philosophie de l'esprit et sur les perspectives actuelles liées aux modèles de cognition. La troisième section étudie les traits traditionnellement attribués à la pensée « intentionnalité, rationalité et conscience ». La quatrième section a pour thème les débats en cours sur les modèles appropriés à l'étude de l'esprit, à savoir le fonctionnalisme computationnel, le connexionnisme ou les modèles dynamiques. Nous citons les auteurs à partir de cette anthologie.

³⁵ Élisabeth PACHERIE, *Naturaliser l'intentionnalité*. Essai de philosophie de la psychologie, « Psychologie et sciences de la pensée », Paris, PUF, 1993.

3.2. Options philosophiques

Nous classons, selon notre point de vue, les auteurs dans trois familles selon les méthodes et la conceptualisation : matérialisme, fonctionnalisme ou émergentisme.

3.2.1. Le matérialisme

La notion de matérialisme s'est imposée à partir des réflexions de Paul et Patricia Churchland. Ces deux auteurs ont forgé l'expression *eliminative materialism*³⁶ - l'expression dit la volonté d'exclure le behaviourisme qui se limite à l'étude des comportements, mais aussi la perspective classique de la connaissance de soi par introspection ou méditation – et donc la philosophie classique et la tradition des maîtres spirituels³⁷. Ce projet propose donc une refonte complète de toute la psychologie qui, à leurs yeux, sera peu à peu absorbée par les neurosciences³⁸.

Le projet de remplacement de la philosophie traditionnelle est exprimé par Wilfrid Sellars³⁹. Lui aussi s'oppose à la tradition behaviouriste selon laquelle les images formées par l'esprit sont le reflet direct des « impressions sensorielles ». Ce matérialisme est trop élémentaire à ses yeux. Il faut parler d'« image » ! Il ne se rallie pas pour autant à la philosophie classique, pour privilégier de manière exclusive la notion issue des neurosciences qui permettent d'en suivre la construction et l'implémentation dans le cerveau qui la traite. L'image est comprise comme « événement mental » et pour cette raison, ce qui est exprimé par elle est considéré comme bien situé. Pour W. Sellars les écueils de « l'introspection » sont évités et ce souci d'objectivité repose sur la conviction que l'état mental est corrélé au « travail » de telle ou telle zone cérébrale ou de tel ou tel réseau neuronal.

Il s'agit bien d'une philosophie matérialiste. Ce point nous semble décisif pour bien situer le propos puisqu'il y a « identification ». W. Sellars écrit en

³⁶ Paul CHURCHLAND, « Eliminative Materialism and the Propositional Attitudes », *The Journal of Philosophy*, LXXVIII, 1981, p. 67-90, trad. fr., *op cit.*, t 1, p. 117-151.

³⁷ Cf. Donald DAVIDSON, « Les événements mentaux », *op. cit.*, t.1, p. 237-265.

³⁸ Processus en cours dans les formations médicales, psychologiques, ou celle des travailleurs sociaux. On le voit dans le succès de la revue « Cerveau et psychologie » qui vulgarise cette approche.

³⁹ Wilfrid SELLARS, *Science, Perception and Reality*, Londres et New York, Routledge, 1960. *Op. cit.*, p. 55-115.

effet : « Si les pensées sont des éléments que l'on conçoit en fonction du rôle qu'ils jouent, il n'y a *en principe* aucun obstacle à l'identification de la pensée conceptuelle à un processus neurophysiologique⁴⁰ ». le mot « en principe » reconnaît les limites du savoir, mais ce n'est pas une invitation à considérer les choses autrement ; face aux énigmes posées par le libre arbitre humain, W. Sellars pense que la tâche est « d'enrichir l'image scientifique⁴¹ ». Ce projet est appelé « naturalisation » : il consiste à faire entrer toutes les considérations sur l'activité de l'esprit (*mind*) dans le seul cadre de la méthode scientifique.

Il est clair que le chemin suivi par les auteurs du recueil prolonge les options de la philosophie positiviste de Claude Bernard et de la psychologie de William James et aussi de l'héritage de l'école de Vienne pour la distinction entre les deux types d'approche de l'esprit : celle de la science positive et celle de l'introspection – cette dernière étant rejetée, car « non scientifique ». Il s'agit de faire une « psychologie physicaliste », selon un terme de Karl Hempel⁴².

3.2.2. *Le fonctionnalisme*

Une opposition à cette visée radicale est née chez d'autres fondateurs des neurosciences. Une figure exemplaire est celle d'Hilary Putnam qui prend comme modèle du fonctionnement du cerveau une « machine probabiliste »⁴³ qui à ses yeux permet de décrire le fonctionnement d'un organisme, selon un modèle fonctionnel. Le caractère aléatoire des phénomènes sort du déterminisme et de l'univocité de la causalité physique ; elle lui permet de reconnaître une spécificité de l'état mental. H. Putnam prend pour objet d'étude la douleur dont la description est toujours « subjective » au sens où elle témoigne de ce qui est difficilement évalué par un autre. Il introduit à ce propos la notion de *qualia*⁴⁴ pour dire ce qui est éprouvé par un sujet et

⁴⁰ *Op. cit.*, t.1, p.106.

⁴¹ *Op. cit.*, t.1,p. 115.

⁴² Expression de Karl HEMPEL, *Aspects of Scientific Explanations and other Essays in the Philosophy of Science*, New York, Free Press, 1965, *op. cit.*, t. 1, p. 197-215 ; l'expression « conception physicaliste de la psychologie » est p. 210.

⁴³ Hilary PUTNAM, « *Mind and Machine* », *Art, Mind and Religion*, University of Pittsburgh Press, 1971, trad. fr. *Pensée et machine*, Seyssel, Champ Vallon 1983, p.110-134.

⁴⁴ Le terme désigne ce qui est éprouvé ou ressenti et ne peut être quantifié, comme la douleur.

difficile d'accès à un autre. Cette conviction est fondée sur les analogies entre le langage et le fonctionnement neuronal.

Cette philosophie se situe dans la perspective du logicien Willard V. Quine. Celui-ci écarte le réductionnisme strict en hiérarchisant le fonctionnement neuronal en trois niveaux selon la capacité d'observation de ce qui se donne à comprendre⁴⁵.

Il y a ce qui est dit de soi par le locuteur, ce que traduit son comportement et ce qui est observé scientifiquement par les neurosciences attentives au psychisme. Ce troisième niveau est le seul vraiment scientifique et donc utile pour fonder une « connaissance vraie ». Ce niveau est en effet le seul qui relève du principe de causalité fondateur de la science. Ce qui ouvre sur une perspective de recherche en matière scientifique⁴⁶, et permet une prise de distance vis-à-vis du réductionnisme systématique à partir de l'expérience humaine de la liberté.

Ainsi la volonté de tout ramener à l'explication par la causalité déterministe est écartée au profit d'une reconnaissance de la spécificité de l'activité mentale et surtout de la possibilité de légitimer la liberté humaine. À ce propos, Donald Davidson⁴⁷ emploie le terme d'« anomisme » pour caractériser cet espace de liberté en opposition au déterminisme de la physique classique⁴⁸ ; ce faisant, il introduit une considération sur l'unité de l'esprit qui est dite par le terme de « monisme »⁴⁹.

⁴⁵ Willard V. QUINE, *Pursuit of Truth*, Cambridge, Harvard University Press, trad. fr. *La Poursuite de la vérité*, Paris, Seuil, 1993, p. 70-73, « L'esprit et les dispositions mentales », *op. cit.* t. 1, p. 217-236.

⁴⁶ « Parmi les dispositions au comportement, certaines sont plus explicatives que d'autres. Celles que l'on devrait choisir, dans les explications, sont celles dont les mécanismes physiologiques semblent les plus susceptibles d'être découverts dans un avenir prochain. Faire référence à une disposition comportementale, c'est postuler un mécanisme neuronal non expliqué, et de tels postulats devraient être faits dans l'espoir qu'ils se prêtent un jour à une explication physique » (« L'esprit et les dispositions verbales », *op. cit.*, t. 1, p. 235.

⁴⁷ Donald DAVIDSON, *Subjective, Intersubjective, Objective*, Oxford, Clarendon Press, 2001. « Les événements mentaux », *op. cit.* t.1, p. b237-265, C'est dans ce contexte qu'apparaît la notion d'intentionnalité : « La marque distinctive du mental n'est pas son caractère privé, subjectif ou immatériel, mais le fait qu'il manifeste ce que Brentano appelait l'intentionnalité » (p. 243).

⁴⁸ *Op.cit.*, p. 240.

⁴⁹ *Op.cit.*, p. 248 s.

Ce souci de sortir du physicalisme se trouve chez deux auteurs majeurs des neurosciences, Jerry Fodor⁵⁰ et Daniel Dennett, dans son maître livre *La Conscience expliquée*⁵¹. Si il s'y oppose à Paul Churchland pour accorder de la valeur aux représentations et aux structures (*patterns*) qui font partie des éléments qui permettent de saisir la réalité mentale, il reste dans la même perspective, puisqu'il ne prend en compte que ce qui est observable par les techniques d'exploration de l'activité cérébrale. Il s'interdit toute reconnaissance d'un « sujet » et donc reste dans un réductionnisme au sens large⁵².

3.2.3. L'émergence

Une autre perspective est très présente dans la philosophie de l'esprit des neurosciences, celle qui a recours au concept d'émergence. Elle s'inspire de la théorie darwinienne pour montrer comment avec un matériau biologique élémentaire peut se produire une réalité plus complexe, grâce à un processus sélectif. Selon la thèse de Gerald M. Edelman⁵³, reprise d'autres auteurs, c'est une sélection liée à l'apprentissage qui conduit à une organisation optimale du cerveau, au stade embryonnaire comme dans l'éducation des jeunes enfants. A. Damasio l'a reprise de manière explicite⁵⁴ ; elle est présente aujourd'hui et

⁵⁰ « Pourquoi il doit y avoir un langage de la pensée », *op.cit.* t.1, p. 307-339.

⁵¹ Daniel DENNETT, *Consciousness explained*, Boston, Little Brown, 1993 ; trad. fr. *La Conscience expliquée*, Paris, Odile Jacob, 1993. L'article cité dans l'anthologie est « De l'existence des patterns », *Philosophical Topics*, vol. 22, n°1-2, 1994, *op. cit.* t. 1, p. 153-193. Le terme *pattern* peut se traduire par structure ou configuration et renvoie à une cohérence.

⁵² Cf. Michel BITBOL, *La Conscience a-t-elle une origine ?*, Paris, Flammarion, 2014, p. 277s.

⁵³ Gerald M. EDELMAN, *Biologie de la conscience*, Paris, Odile Jacob, 1992.

⁵⁴ « La façon dont j'envisage les êtres humains peut être décrite ainsi : il s'agit d'organismes se trouvant à la naissance dotés de mécanismes automatiques de survie, et qui acquièrent par l'éducation et la culture un ensemble de stratégies supplémentaires, désirables et socialement acceptables, leur permettant de prendre des décisions. Ces stratégies, à leur tour, augmentent les chances de survie, améliorent remarquablement la qualité de celle-ci, et fournissent la base de la construction de la personne. Après la naissance, le cerveau humain aborde le développement postnatal doté de pulsions et d'instincts qui ne comprennent pas seulement les circuits physiologiques de régulation du métabolisme, mais, en outre, les mécanismes fondamentaux permettant de prendre en compte le comportement social et l'acquisition des connaissances sociales. À la sortie de l'enfance, il se retrouve pourvu de nouvelles séries de stratégies de survie, dont la base neurophysiologique est étroitement mêlée à celle du répertoire des réponses instinctives, et non seulement modifie sa mise en œuvre, mais lui donne de

largement reçue en sciences de l'éducation⁵⁵.

Cette vision prolonge la perspective évolutionniste évoquée plus haut. Elle ne se limite pas à l'embryologie ; elle s'inscrit dans le paradigme évolutionniste. Le processus de l'évolution a produit à partir des premières formes de la vie des êtres de plus en plus aptes à des activités qui supposent de bonnes capacités de connaissance ; il y a une croissance de la conscience. Le même processus fait partie de la vie du sujet qui a franchi l'étape ultime de cet enrichissement de ses aptitudes cognitives et même réflexives⁵⁶.

Le second aspect de cette philosophie de l'émergence neuronale est lié à la mécanique quantique. Les phénomènes fondamentaux au plan corpusculaire sont associés pour donner un effet global où apparaît une réelle nouveauté. Le résultat est original ; il ne consiste pas à l'adjonction des propriétés antérieures. Cette perspective développée par Michel Bitbol⁵⁷ est aujourd'hui reprise par Stanislas Dehaene⁵⁸. L'un et l'autre reconnaissent l'importance de la dimension probabiliste des phénomènes étudiés et ils n'en tirent pas les mêmes conclusions.

Ces éléments montrent le sens de l'exigence philosophique qui préside à ces réflexions, celle de la « naturalisation ». Les neurosciences sont bien le fruit d'une philosophie qui explicite les options de la tradition scientifique, fondée sur un savoir plus subtil et plus précis que celui des mécanismes cités

nouveaux rôles. [...] En outre, à partir de cette double détermination, les stratégies de survie relevant d'un niveau plus élevé que celui des instincts conduisent à quelque chose caractérisant probablement en propre les êtres humains : un point de vue moral qui, à l'occasion, peut transcender les intérêts du groupe social immédiat auquel appartient un individu, et même ceux de l'espèce. » Antonio DAMASIO, *L'Erreur de Descartes*, p. 176-177.

⁵⁵ L'Académie Pontificale des Sciences l'a accueillie dans deux sessions : *Human Neuroplasticity and Education*, « Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia, n° 117 », Vatican City, 2011 et *Neurosciences and the Human Person ; New Perspectives on Human Activities*, « Pontificiae Academiae Scientiarum Scripta Varia, n° 121 », Vatican City, 2013.

⁵⁶ Notons sans attendre que cette explication reste dans la perspective du naturalisme. Il n'est nul besoin de faire appel à une cause transcendante pour expliquer le franchissement des seuils décisifs de la vie de l'esprit.

⁵⁷ Michel BITBOL, *Physique et philosophie de l'esprit*, « Champs-sciences », Paris, Flammarion, 2000 et *La Conscience a-t-elle une origine ? Des neurosciences à la pleine conscience : une nouvelle approche de l'esprit*, « Bibliothèque des savoirs », Paris, Flammarion, 2014.

⁵⁸ Stanislas Dehaene, *Le Code de la conscience*, Paris, Odile Jacob, 2014.

par les Lumières du XVIII^e siècle ou le positivisme scientiste du XIX^e siècle, dont Claude Bernard reste la figure exemplaire quand il espère que la science remplacera la philosophie⁵⁹.

3.3. *Quelques concepts majeurs*

L'exposé des études fondatrices de la philosophie de l'esprit des neurosciences montre deux choses dont nous tiendrons compte pour la suite de notre réflexion. D'abord, la mise en œuvre d'une exigence qui fait partie de la philosophie réaliste dont le modèle demeure Aristote écrivant son *peri psychès* en fondant la philosophie sur l'observation méthodique. C'était là le souci d'une approche confirmée par les sciences modernes et mettant en œuvre les exigences d'un rapport au réel qui écarte les spéculations arbitraires et les illusions. Les auteurs cités prolongent cette manière de faire. Ensuite nous avons constaté que les auteurs et les philosophes qui les accompagnent ont façonné un vocabulaire spécifique. Il importe d'en relever les termes les plus significatifs qui viennent du vocabulaire anglo-saxon. Ce relevé nous semble utile pour éviter les équivoques, comme nous l'avons noté à propos du terme *mind*, dont tout le monde s'accorde à reconnaître qu'il n'a pas l'extension ni la richesse du terme français « esprit » et comme il apparaît dans l'usage du mot « mental », qui n'a pas la précision du terme latin *mens* dont il provient. Nous retenons sept termes⁶⁰.

1°. Le premier est le terme de « cognition ». Ce terme anglo-saxon transcrit en français prend la place du concept « connaissance ». Il a un sens plus étroit en raison de son enracinement dans l'activité cérébrale, puisque les

⁵⁹ Claude BERNARD, *Philosophie*. Manuscrit inédit, présenté par Jacques Chevalier, Paris, Bovin, 1937 ; il écrit en commentant un texte de Kant : « La seule chose qu'il y ait à faire, c'est de faire revêtir à ces idées une forme qui représente les faits, c'est-à-dire une forme *a posteriori* au lieu d'être une forme *a priori*. Tel est en effet le sort de la philosophie, qui tendra un jour à être remplacée par la science, c'est-à-dire des *systèmes a posteriori*, autrement dit par des théories, au lieu de *systèmes a priori* qui constituent cette partie des connaissances humaines » (p. 9) ; et dans un commentaire de A. Comte, il écrit : « *La philosophie n'apprend rien et ne peut rien apprendre de nouveau par elle-même puisqu'elle n'expérimente et n'observe pas*. Excepté Descartes, Leibnitz, Newton, Galilée : voilà les vrais philosophes actifs ; ce sont des grands savants. Mais Kant, Hegel, Schelling, etc., tout cela est creux et ils n'ont pas, à eux tous, introduit la moindre vérité sur la terre. Il n'y a que les savants qui le peuvent » (p. 37).

⁶⁰ Voir Olivier HOUDÉ, *Vocabulaire de sciences cognitives*, « Quadriges », Paris, PUF, 2003.

activités de mémoire, d'attention, de représentation ou d'association sont examinées dans leur substrat biologique (le cerveau). Il est employé pour le monde animal, dans le cadre de la présentation de l'arbre des vivants donnée par la théorie de l'évolution. La cognition est une capacité d'association et de raisonnement. La notion de cognition est ainsi ouverte sur l'étude du développement de l'enfant et de l'acquisition des compétences qui lui permettent d'accéder à l'autonomie. La notion de cognition est manifestement liée à son usage dans les sciences du calcul fondée sur la logique⁶¹.

2°. Le deuxième terme qui mérite attention est « langage ». Son sens est déterminé à partir des propriétés formelles d'un système de communication⁶² et il apparaît comme un « système formel ». Les neurosciences et les sciences cognitives privilégient la capacité logique qui préside aux inférences. Elles restent dans le domaine du traitement du langage, même si elles butent sur la diversité des langues effectivement parlées qui n'entrent jamais tout à fait dans la perspective « computationnelle » et donc échappent pour une part aux sciences étudiées.

3°. Le troisième terme est « représentation ». La notion de représentation est aussi ancienne que la réflexion humaine sur la connaissance, le langage et la pensée. Les sciences cognitives ont pris le terme au sens de « représentation mentale » pour dire ce qui habite un sujet connaissant. Ces représentations sont inscrites dans les réseaux neuronaux en divers lieux du cerveau en étant ordonnées selon leur fonction ou selon leur statut. La reprise de ce qui advient en intelligence artificielle permet aux neurosciences de faire de la représentation un élément qui accompagne toute activité du cerveau conscient ou inconscient.

4°. Le quatrième terme est « information » ; il est lié au modèle cybernétique on parle d'entrée et de sortie, en intelligence artificielle ou tout système de « traitement de l'information ». La notion d'information peut être

⁶¹ Cf. Stefen K. REED, *Cognition*. Théories et applications, Bruxelles, De Boeck Université, 2002, trad. fr. de la 4^e édition américaine, *Cognition. Theory and Applications*, Brooks/Cole, International Thomson Publishing, 1996. Le plan de l'ouvrage est significatif de la démarche des neurosciences : étapes du traitement de l'information, reconnaissance des formes, attention, mémoire, représentation et organisation des connaissances, images mentales, catégorisation, organisation sémantique, langage, compréhension d'un texte, résolution des problèmes.

⁶² L'influence de la conception du langage de Noam Chomsky est ici déterminante.

quantifiée et traitée de manière probabiliste ; ce qui assure la souplesse et la fluidité de l'activité de connaissance qui les gère et les ordonne.

5°. Le cinquième terme est « intentionnalité ». Si le mot vient de la philosophie de la connaissance et de la phénoménologie, il a changé de sens. Il se limite à désigner la manière dont un certain état du cerveau préside à un processus neurologique et d'une certaine manière le précède et l'anticipe. Cette aptitude mentale issue des sciences de l'action lui reconnaît un rôle causal.

6°. Le sixième terme est « action ». Le terme est englobant, puisqu'il englobe en plusieurs étapes : planification, programmation et exécution. La réalisation suppose une structure, des liens, des relations. Les neurosciences abordent à ce propos la notion d'intention ou de volonté.

7°. Enfin, le septième terme est celui de « conscience ». Le terme joue un rôle majeur, car il exprime le fait que ce qui se passe à l'intérieur du cerveau n'est pas dans la situation de la boîte noire dont on ignore le fonctionnement, même si on sait ce qui y entre et ce qui en sort. La conscience est la capacité de l'acteur de savoir quelque chose de lui-même. La conscience est comprise comme éveil ou lucidité sur l'action à entreprendre, à réaliser, à contrôler et à vérifier. La spécificité de la notion est marquée par le rejet de la notion classique en philosophie, alors appelée « conscience phénoménale », écartée dans la mesure où elle introduit une perspective dualiste.

Au terme de cet examen, il apparaît que les neurosciences emploient un vocabulaire spécifique – comme le font toutes les sciences. Mais leur projet ne se limite pas à ce travail. Les promoteurs des neurosciences reprennent les termes classiques en psychologie, anthropologie et métaphysique : conscience et esprit. D'où notre question : cette ambition est-elle fondée ? Sans attendre, il faut présenter une critique épistémologique.

4. Critique épistémologique

Notre critique sera épistémologique au sens où elle prend comme point de départ le travail du scientifique. Nous considérons que les neurosciences sont une science du cerveau, puisque fondée sur la neurologie. Mais comme il s'agit d'un système qui préside à la vie humaine, elle est aussi une étude qui relève de l'anthropologie. La question est de savoir quelle image de l'humanité est donnée. En effet, toute science procède par des observations selon des

protocoles conduits selon une méthode précise. Cette approche spécifique est une « construction ». Si les neurosciences donnent une représentation du cerveau et de l'être humain, il est légitime de se demander si cette représentation est suffisante pour rendre raison de tout ce qui se donne à être et à penser à propos de la vie humaine.

4.1. Épistémologie

Les promoteurs des neurosciences se présentent comme ceux qui permettront d'accéder à la connaissance de l'homme. La question qui se pose est alors : quelle conception de la science est ici mise en œuvre ? Si pour les auteurs la science est inscrite dans la tradition empiriste anglo-saxonne, notre question est alors : cette conception de la science est-elle la seule à prendre en compte dans une quête anthropologique ? Peut-elle exclure les autres savoirs ?

Pour répondre, il faut sortir du partage du savoir habituel où les cursus scolaires (en tout premier lieu les études médicales) sont divisés en différentes « matières ». Les domaines séparés par des exigences pédagogiques sont pensés comme des champs séparés. Il y aurait la physique pour un certain état de la « matière inerte », la biologie la « matière vivante », l'histoire pour les événements qui fondent les sociétés, la psychologie pour la vie consciente... Cette vision est superficielle. Elle ignore que toute démarche intellectuelle a un souci d'universalité et que chaque science se doit d'envisager la totalité du monde donné à l'étude. Ainsi la physique prend en considération la totalité des corps sensibles et pas seulement une catégorie d'entités matérielles. La physique ne se limite pas aux corps inertes – elle prend en compte les êtres vivants constitués de matière. De même, la biologie prend en compte tous les éléments impliqués dans la vie. Leur différence ne vient pas du découpage en deux domaines séparés ontologiquement, mais de la spécificité de leur regard ou « point de vue ».

Il est donc normal que les neurosciences prennent en considération la totalité de ce qui se donne à étudier dans le monde de la vie depuis ses fondements physico-chimiques (comme la mécanique quantique) jusqu'aux éléments qui relèvent de la vie humaine en ce qu'elle a de spécifique (la pensée et la créativité intellectuelle) et aussi les éléments culturels les plus subtils. Mais parce que leur regard, leur méthode et leurs instruments d'analyse sont particuliers, elles ne saisissent qu'un aspect. Ce n'est pas dû à une

délimitation des domaines, mais à d'inévitables limites instrumentales et conceptuelles. Elles sont elles-mêmes quand elles abordent le monde de l'« esprit » ; mais elles s'aveuglent quand elles prétendent avoir rendu vaines les autres manières d'étudier la nature, la vie ou l'humanité. Cette prétention tombe dans l'erreur dite réductionnisme. La question est débattue en logique : un système formel ne peut pas être transparent à lui-même. Il ne peut établir lui-même la validité de ses fondements. Les conversations entre J.-P. Changeux et des créateurs en matière purement intellectuelle ou artistique montrent bien l'illusion de prétendre tout expliquer par les neurosciences. Les conversations avec un mathématicien comme avec des musiciens montrent bien que la fine pointe de la créativité échappe à la réduction de toute activité au fonctionnement neuronal⁶³.

Ainsi, les neurosciences ont pour objet ce qui est lié à l'activité du vivant doté d'un cerveau. C'est un « tout », mais comme c'est un savoir spécifique, il ne donne pas accès à tout ce qui fait ce « tout ». Tout savoir selon un point de vue (ici le point de vue scientifique) n'est pas « le savoir du tout »⁶⁴, car il est d'autres approches qui suivent d'autres démarches, dont il serait injuste de ne pas reconnaître la rigueur et la fécondité. Les neurosciences savent beaucoup, elles ambitionnent légitimement de considérer toute l'activité humaine ; mais elles se doivent d'être conscientes qu'elles n'ont pas le monopole du savoir. Si les neurosciences sont une merveilleuse avancée du savoir et tout particulièrement du savoir de l'humanité sur elle-même, ce n'est en rien leur faire injure que de demander : de quel droit s'érigeraient-elles en norme exclusive de la vérité ?

4.2. L'esprit pour les neurosciences

Le terme « esprit » est-il clair ? Son emploi en des sens si divers montre qu'il y a une grande difficulté à le réduire par une définition unique. Cette pluralité permet aux neurosciences de l'employer légitimement, mais cela ne saurait conduire à ignorer que le flou qui se rapporte à ce terme est significatif

⁶³ Cf. Dominique LAMBERT, *Sciences et théologie*. Les figures d'un dialogue, Namur, Presses Universitaires de Namur, 1999, p. 170-174.

⁶⁴ Jean-Pierre Changeux et Alain Connes, *Matière à penser*, Paris, Odile Jacob, 1989 et Pierre BOULEZ, Jean-Pierre CHANGEUX et Philippe MANOURY, *Les Neurones enchantés. Le cerveau et la musique*, Paris, Odile Jacob, 2014.

que la réalité qu'il désigne résiste à toute simplification et à toute mise en système. Quel est alors le sens du terme pour les neurosciences ?

Le sens du terme « esprit » apparaît dans les conclusions validées par leur compétence scientifique. Cela permet d'en relever la pertinence et d'en marquer les limites.

D'abord, nous avons vu que les neurosciences ont pour objet d'étude ce qu'il convient d'appeler « l'état mental ». La notion d'état mental est en effet une bonne traduction du terme anglais *mind*. Le mental n'est pas la totalité de la pensée, mais un élément structurel. Cet élément correspond pour une part à ce que les philosophes de l'âge classique appelaient l'entendement, la capacité de l'intelligence de s'emparer d'une question et de la traiter avec ordre et méthode. Le croisement des sciences cognitives et des neurosciences marque une certaine manière de voir l'esprit comme l'attestent les termes dont nous avons vu la définition plus haut. Leur sens vient d'un regard très spécifique.

En deuxième lieu, il apparaît que les neurosciences, parce qu'elles sont des sciences, prennent en compte ce qui est général. Les études significatives ne reposent pas sur un cas, mais sur la mise en série de nombreux cas selon des procédures précises. Ainsi se forme une image fonctionnelle qui comme toujours en science relève de ce qui est général. Il est clair que ce qui relève de la singularité leur échappe. Or il est élémentaire de reconnaître que l'être humain est singulier⁶⁵. S'il participe à la vie de groupes et plus généralement à une humanité, il leur est irréductible par son corps et son histoire. Cette irréductibilité marque la limite du savoir scientifique. En effet, l'expérience de la rencontre d'autrui apprend qu'il faut tenir compte de son histoire dont le déroulement ne peut être ni prévu ni reconstitué tant il repose sur des faits imprévus, ou d'événements dont l'importance ne se manifeste pas dans l'immédiat. Il y a là un aspect irréductible à la démarche des neurosciences et de ce point de vue, une critique peut prendre une assise ferme et manifester

⁶⁵ François CLARAC et Jean-Pierre TERNAUX, *Encyclopédie historique des neurosciences*. Du neurone à l'émergence de la pensée, « Neurosciences et cognition », Bruxelles, De Boeck Université, 2008 ; Les auteurs reconnaissent bien volontiers les limites de l'état actuel des connaissances. Ils notent : « Les neurosciences buttent toujours sur l'homme et l'histoire » ; ils précisent : « Il est sécurisant de reconnaître qu'aucune science, y compris celle qui prend la pensée pour objet de connaissance, ne peut arriver à faire le tour de toutes les dimensions de la personne. Frustrant mais salutaire, les sciences ne peuvent s'épanouir qu'en renforçant leur cohabitation avec d'autres sciences et d'autres dimensions de l'homme. » (p. XVII).

que le terme « esprit » lui échappe, même si tout est objet de cette démarche dont nous manifestons l'ampleur actuelle.

4.3. *La galaxie neuro*

L'importance des neurosciences vient de ce qu'elles sont devenues un paradigme pour les sciences humaines, comme l'atteste le fait que « neuro » est utilisé comme préfixe de diverses disciplines avec l'intention de leur donner un label de qualité. Certains auteurs ont conscience que cette manière de faire est fort limitée. Cela ne doit pas conduire à ignorer la reprise des résultats en divers domaines.

En matière de pédagogie, la perspective classique issue des travaux de Piaget sur la formation de l'intelligence et fondatrice de la pédagogie a été enrichie de l'apport des neurosciences. On parle donc de « neuropédagogie cognitive ». Le fondement est que la mémoire et l'apprentissage passent par le cerveau. Il est clair en effet que certains troubles d'apprentissage (comme la dyslexie ou le déficit d'attention) ont des bases neuronales. La « neuropédagogie » est utilisée pour fonder une « science de l'éducation ». De même en psychologie.⁶⁶

Il existe aussi une « neuropsychanalyse ». Le terme désigne un courant de la psychanalyse nord-américaine (fort différente de la psychanalyse en France) qui s'est enraciné dans l'étude des émotions pour accéder à l'« inconscient ». Cette école s'enracine dans les travaux parisiens du jeune Dr Sigmund Freud étudiant les mécanismes neuronaux avant de s'attacher à traiter des maladies de l'âme (*psyché* en grec, *Seele* en allemand) par des moyens différents de la pratique médicale habituelle. Des écoles de psychanalyse se sont fondées avec le souci d'assumer les résultats des neurosciences⁶⁷.

⁶⁶ Cf. Olivier HOUDÉ, Bernard MAZOYER, Nathalie TZOURI-MAZOYER, *Cerveau et psychologie*, Paris, PUF, 2002 ; cet ouvrage est un manuel pour la formation des étudiants en sciences humaines.

⁶⁷ Gérard POMMIER, *Comment les neurosciences démontrent la psychanalyse*, Paris, Flammarion, 2004 ; Lionel NACCACHE, *Le nouvel Inconscient*. Freud, le Christophe Colomb des neurosciences, Paris, Odile Jacob, 2009. La perspective est reprise dans le colloque sous la direction de Pierre MAGISTRETTI et François ANSERMET, *Neurosciences et psychanalyse*, Paris, Odile Jacob, 2010 ; *Psychanalyse et neurosciences*, Revue française de psychanalyse, t. 71, N° 2, avril 2007.

Pour l'action humaine, il y a également une « neuroéthique », qui répond à trois champs. D'abord, étudier les bases neurologiques de l'éthique en répondant aux questions comme : quelle est la base cérébrale spécifique des « comportements moraux » (empathie, altruisme...); ensuite, explorer les conséquences des neurosciences : usage des médicaments non seulement pour traiter des états dépressifs mais comme amélioration des performances ou pour provoquer des types d'émotions ; et enfin, étudier les manipulations des foules ou des groupes.

Dans ce cadre, il existe aussi une « neuroéconomie » ; elle consiste à mettre au service du marché les ressources des neurosciences pour l'étude des motivations, des prises de décision ou de mise en pratique des choix dans le champ de l'économie⁶⁸. Les neurosciences sont utilisées à la fois pour connaître les effets émotionnels et les rationalités impliqués dans les comportements de la consommation.

Il existe aussi une « neurothéologie »⁶⁹. Celle-ci se fonde sur l'observation du cerveau des personnes en train de pratiquer la méditation dans un contexte religieux (moine bouddhiste ou religieuse contemplatives) et d'observer l'activité cérébrale avec même l'ambition de saisir les phénomènes comme l'extase mystique. L'utilisation des résultats a été immédiatement apologétique et reprise par les mouvements charismatiques : il existe une zone spécifique liée à la prière, ce qui signifie deux choses que l'être humain est naturellement religieux et que son bien-être suppose une pratique religieuse source d'un bon équilibre moral et mental.

On peut donc parler d'un paradigme. La question est de savoir si ce paradigme reste dans son lieu propre pour orienter la recherche des sciences humaines ou s'il s'agit d'exclure les démarches classiques des humanités, de la psychologie et de la philosophie. C'est sur ce point que doit être critiquée l'expression « philosophie de l'esprit » construite sur la conviction que les neurosciences disqualifient les approches philosophiques traditionnelles, en raison de leur reconnaissance de la transcendance de l'esprit. Le débat a donc une dimension métaphysique, puisque le déni de la métaphysique est un acte métaphysique, comme le rappelle la citation de Péguy placée en exergue.

⁶⁸ Travaux utilisés par Daniel Kahneman, prix Nobel d'économie en 2002.

⁶⁹ Terme utilisé par Andrew B. NEWBERG, *Principles of Neurotheology*, Faraham, Surrey, England, 2010.

5. Les neurosciences et la philosophie

Parler de philosophie n'est pas inconvenant puisque les promoteurs des neurosciences parlent de « neurophilosophie ». Cette expression remonte à Patricia et Paul Churchland pour qui tous les phénomènes mentaux sont ramenés à des processus neurologiques et tout ce qui a trait à la psychologie se ramène à des études relevant de la neurologie. Cette visée anthropologique est présente quand on parle de « philosophie de l'esprit ». Cette expression est bien naïve quand elle ignore l'héritage de pensée qui le porte.

5.1. Un héritage rationaliste cartésien et kantien

Les premières pages du livre de S. Dehaene permettent d'en voir une source, dont le repérage permet de situer les débats internes aux neurosciences. La source est strictement philosophique, puisque liée à la figure emblématique de Descartes.

5.1.1. Héritage cartésien

Si Descartes est la « tête de turc » de bien des publications⁷⁰, il serait bien naïf de ne pas voir que le développement des sciences cognitives s'inscrit dans son héritage. Ainsi, Stanislas Dehaene⁷¹ dénonce-t-il le dualisme de Descartes faisant du corps et de l'âme deux « substances » séparées, l'une étant matérielle, l'autre purement spirituelle. Il récuse la reconnaissance d'une réalité immatérielle, l'esprit ou l'âme. Pour lui, cette « substance » échappant aux méthodes d'explorations neurologiques ou plus généralement médicales, est une « croyance ». Dans la mentalité scientifique actuelle, ce mot désigne un propos arbitraire parce qu'invérifiable, faisant partie d'une subjectivité intime non partageable objectivement. Seul est réel, ce qui est « objectif », donné à l'observation, puisque seule la connaissance vérifiable expérimentalement est source de vérité. S. Dehaene reste dans la seule ligne de la démarche scientifique et ce faisant, il voit dans un être vivant ce que Descartes disait des animaux : une machine. La notion de machine a changé depuis les rudiments de la science du XVII^e siècle, puisque les machines à traiter l'information sont

⁷⁰ Cf. Antonio DAMASIO, *L'Erreur de Descartes*. La critique la plus systématique de cette dénonciation superficielle est faite par Francis Wolf, *Notre humanité. D'Aristote aux neurosciences*, Paris, Fayard, 2010, p. 53-77.

⁷¹ Stanislas DEHAENE, *Le Code de la conscience*, « Sciences », Paris, Odile Jacob, 2014.

bien plus complexes que celle qui fut construite par Blaise Pascal pour les calculs monétaires utiles à la gestion confiée à son père. La machine est devenue un instrument « intelligent », capable de calculer, mais aussi de raisonnement logique et donc de conclusions qui relèvent sans aucun doute de l'intelligence. Le modèle cybernétique, dont Norbert Wiener fut l'inventeur, permet de penser non seulement les ordinateurs, mais les vivants⁷². Cette extension est prodigieuse, mais de l'avis même de son principal acteur, N. Wiener, elle ne change pas la nature de ce qui est considéré comme mécanique⁷³. L'option philosophique consiste à s'inscrire dans la face pragmatique rattachée à la vision cartésienne du monde vivant. S. Dehaene reste fidèle à Descartes pour considérer le cerveau comme une machine structurellement empli d'intelligence. Il se sépare de lui quand il ne pose pas la question de son origine⁷⁴.

5.1.2. Héritage kantien

L'héritage cartésien n'est pas le seul à habiter les travaux des neurosciences. En effet, un héritage y est présent, celui de Kant. Celui-ci développe en effet une philosophie de la connaissance selon laquelle l'esprit humain observe le monde à travers des catégories mentales préexistantes. Les faits observés (les « phénomènes ») sont interprétés à travers des catégories qui donnent forme au réel ; elles sont dites *a priori*, car elles sont un préalable – l'espace, le temps, l'unité. Les sciences cognitives s'inscrivent dans ce cadre de pensée quand elles étudient le cerveau qui n'est pas seulement un lieu d'enregistrement, mais une organisation des perceptions, en fonction de

⁷² Norbert WIENER, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, MIT Press, (1948), 1965, trad. fr., *La Cybernétique. Information et régulation dans le vivant et la machine*, « Sources du savoir », Paris, Seuil, 2014.

⁷³ Il est fort éclairant de voir la prégnance du terme « mécanisme » dans l'ouvrage de présentation générale sous la direction de Jean-François DORTIER, *Le Cerveau et la pensée*. Le nouvel âge des sciences cognitives, Paris, Sciences humaines éditions, 2014. Par exemple « Les mécanismes de la volonté » par Joël Proust, p. 386-392 ; ou encore « Les mécanismes de la crédulité », par J.-F. Dortier, p. 433. Ce langage concerne toute étude du vivant, puisque dans la théorie synthétique de l'évolution on parle des « mécanismes de la sélection naturelle ».

⁷⁴ La question est alors de savoir quelle est l'origine de cette machine. En cybernétique il est clair que l'intelligence est celle du constructeur. Pour ce qui vient de la nature, Descartes se référerait à l'intelligence créatrice. Michel Bitbol s'affronte à cette question dans une perspective différente de la nôtre, dans *L'Origine de la conscience*, Paris, Flammarion, 2014 .

« catégories », alors appelées structures, modules ou autres termes anglo-saxons comme *pattern*. Tel est le statut de la mémoire qui recompose une image plus ou moins fidèle à ce qui a été perçu ou observé. Les sciences cognitives attribuent au cerveau ce que Kant disait de l'entendement : la raison qui ordonne les éléments de la connaissance. Cette perspective est présente dans des ouvrages qui ont marqué la philosophie du monde scientifique en premier lieu ceux de Schrödinger dans un livre de référence pour les milieux des neurosciences et a recours à deux concepts essentiels à l'étude des systèmes complexe : régulation et téléonomie⁷⁵. Le terme de régulation reconnaît que la rationalité des sciences (logique et calcul) est souveraine. Le terme de téléonomie est aussi essentiel parce qu'il reconnaît une finalité, mais celle-ci reste à l'intérieur du système étudié. Elle exclut toute transcendance. C'est dans ce contexte que la notion clef reste celle de « naturalisation », interprétée par certains comme « matérialisme »⁷⁶.

La médiation entre la philosophie rationaliste traditionnelle et les neurosciences repose sur une autre perspective, celle qui développe une proposition de Gottfried Leibnitz, pour qui penser est une forme de calcul conceptuel. Cette perspective a été développée dans l'étude du langage à

⁷⁵ Erwin SCHRÖDINGER, *L'Esprit et la matière*, trad. et introduction par Michel Bitbol, « Sources du savoir », Paris, Seuil, 1990 – cours donné à Trinity College (Cambridge) en octobre 1956. Le premier chapitre est consacré aux « bases physiques de la conscience », p. 153-165. Les premières lignes sont d'une tonalité kantienne incontestable : « Le monde est une synthèse de nos sensations, de nos perceptions et de nos souvenirs. Il est commode de le considérer comme existant objectivement par lui-même. Mais il n'apparaît certainement pas en vertu de sa simple existence. Son apparaître est conditionné par des processus très spéciaux dans des parties très spéciales de ce monde même, à savoir par certains événements prenant place dans un cerveau. Voici une déduction : extraordinairement singulière, qui soulève la question suivante : quelles propriétés particulières distinguent ces processus cérébraux et leur permettent de produire de l'apparaître ? Pouvons-nous deviner quels sont les processus matériels qui ont ce pouvoir et lesquels ne l'ont pas ? Ou plus simplement quel type de processus matériel est directement associé à la conscience ? » (p. 153). Schrödinger fait l'éloge de Kant dans le dernier chapitre qui traite de « science et religion » (p. 216-218) ; les « catégories » sont appelées « schémas régulateurs ».

⁷⁶ « La position exclusivement "réductrice" que l'on m'attribue quelquefois m'est étrangère car j'ai toujours essayé de la compléter par une démarche synthétique, de haut en bas d'ailleurs tout autant matérialiste, qui prend en compte la vie individuelle, l'interaction sociale et l'évolution culturelle », Jean-Pierre CHANGEUX, *L'Homme neuronal*, p. 101. La sortie du matérialisme du XIX^e siècle, manifestement simpliste compte-tenu des progrès des sciences de la nature, n'est pas une sortie de la métaphysique matérialiste.

l'école de Noam Chomsky. Le langage est présenté comme système fonctionnant selon sa propre rationalité et son dynamisme ; cette présentation tient à distance le locuteur et sa subjectivité. Ainsi la grammaire peut être formalisée mais surtout présentée comme une dynamique de l'expression de la vie selon un cadre formel. Cette conception du langage est reprise dans la démarche des neurosciences où domine le modèle du traitement de l'information. Ceci permet une naturalisation de l'esprit, selon les perspectives mentionnées plus haut.

5.1.3. Le monisme romantique

Il faut mentionner une troisième source philosophique des travaux en neurosciences, l'héritage de la *Naturphilosophie* allemande développée par les auteurs romantiques. Cette philosophie a été construite en réaction contre le dualisme et contre le mécanisme lié à une mathématisation euclidienne du réel. Elle puise dans le romantisme le primat du dynamisme et de l'action et trouve dans le langage des religions comme le bouddhisme le moyen de présenter une vision dynamique du devenir de la vie en référence à un vouloir premier immanent. Cette philosophie permet d'écarter une religion dont le maître mot est la transcendance, sur le modèle monothéiste, au profit d'une religion de la communion. Les philosophies de l'esprit développées par les auteurs des neurosciences lui empruntent ces perspectives qui permettent de donner à la conscience sa profondeur et sa prégnance. Cela fait un lien avec le monde « spirituel » sans avoir à reconnaître une transcendance. La dimension affective de la vie humaine y trouve sa place parce qu'il y a dans la volonté la reconnaissance d'un élément essentiel de la psychologie, le désir. Cette perspective assure la continuité de tous les phénomènes de la vie selon le modèle évolutionnisme évoqué plus haut. La référence habituelle est alors Spinoza, avec une lecture de la formule « *Deus sive natura* ». Cette perspective se développe aujourd'hui avec le recours à des catégories empruntées aux « religions orientales » – souvent avec une grande naïveté.

Si ces trois éléments philosophiques sont présents, ils ne sont pas explicités ; ils constituent une sorte de fonds commun où puisent les fondateurs des neurosciences selon leurs spécialités. Les chercheurs et les promoteurs ne s'enferment pas dans une philosophie particulière et ne prennent pas le temps de s'y adonner systématiquement. Il est vrai que les ouvrages de pure philosophie sont difficilement accessibles à un esprit formé aux sciences

mathématisées. Il n'empêche que le croisement de ces références dans la perspective de la « naturalisation » fait l'unité de la communauté scientifique attachée au développement des neurosciences ou des sciences cognitives – il y a bien un paradigme au sens de Thomas Kuhn. Il permet d'assimiler les autres savoirs comme l'a relevé le tableau de la « galaxie neuro ». Une résistance existe ; en première ligne se trouve la psychanalyse.

5.2. Irréductible inconscient

Le débat avec la psychanalyse ravive une opposition traditionnelle entre l'école nord-américaine et l'école française liée à des pratiques thérapeutiques différentes. Elle a pris une importance capitale depuis la fondation de l'école dite de « neuropsychanalyse⁷⁷ ». L'explication des difficultés psychologiques est désormais cherchée dans la structuration neuronale. Les neuropsychanalystes renouent avec la démarche du jeune docteur Freud alors à l'école de Charcot à Paris⁷⁸ ; ils méconnaissent que c'est parce qu'il avait trouvé cette approche de la maladie insuffisante pour guérir nombre de patients que Freud avait cherché la cause réelle de leur maladie dans l'histoire de leur psychisme.

La question peut être posée en relevant la manière dont est compris le terme « inconscient ». Le terme désigne en psychanalyse classique la force qui habite le psychisme humain et qui a été structurée par des événements premiers ; ce sont certains traumatismes qui lui ont donné une structure source de souffrance ou de déviance comportementale. Le terme « inconscient » dans les sciences cognitives est plus englobant ; il désigne tout ce qui advient à l'insu de la conscience : percevoir, apprendre à résoudre des problèmes. Les tests pratiqués en neurosciences prennent en compte les perceptions subliminales, la mémoire implicite, les intuitions créatrices (ou illuminations), les automatismes mentaux et autres actions qui échappent à une réflexion préalable. L'inconscient a aussi une dimension générale quand il englobe l'héritage du long processus évolutif qui a conduit à l'humanité et constitue le

⁷⁷ Sous la direction de Pierre MAGISTRETTI et François ANSERMET, *Neurosciences et psychanalyse*, Paris, Odile Jacob, 2010.

⁷⁸ Cf. Lionel NACACHE, *Le Nouvel Inconscient*. Freud, le Christophe Colomb des neurosciences, Paris, Odile Jacob, 2006, édition de poche, 2009.

fondement de la culture universelle. Il englobe aussi la vie sociale avec le terme *habitus*⁷⁹. Les neurosciences écartent l'inconscient des psychanalystes.

Le débat manqué entre André Green et Changeux à l'invitation de la revue *La Recherche* est éclairant sur ce point, même s'il est déjà ancien⁸⁰. Les objections d'André Green s'adressent à la philosophie de J.-P. Changeux qui prend comme maître-mot « naturalisation ». Cette explication de la pensée est fondée sur la considération des niveaux d'organisation : les neurones, les circuits et enfin l'organisation globale du cerveau, qui permet la formation de représentations ou objets mentaux. La conscience est alors définie comme « le fonctionnement intégré d'un mécanisme de perception des objets mentaux et de surveillance de leur enchaînement⁸¹ ». Si tout n'est pas encore connu, rien n'échappe à ce cadre conceptuel ; l'inconscient est une partie obscure, mais il est de même nature que la partie explorée. A. Green manifeste que cette vision des choses est incompatible avec la notion d'inconscient, mise en lumière par les succès thérapeutiques de la psychanalyse. Il parle sans détour d'un « déni de la vie psychique » qui repose sur un postulat, à savoir : la causalité exclusivement organique de toute symptomatologie. A. Green voit dans ce postulat le refus qu'il y ait un fonctionnement et une causalité propre au psychisme. Il y dénonce une conception « confondante de naïveté » débouchant dans l'affirmation que l'on connaîtrait maintenant les « mécanismes de l'inconscient ». Pour A. Green, la connaissance du cerveau permet la connaissance du cerveau – et uniquement celle du cerveau ! Il propose donc de reconnaître une causalité psychique et, par là, la spécificité humaine. Il dénonce la prétention de tout juger dans la perspective de la structure et de l'activité neuronales et par là de réduire à ce qui peut être traité scientifiquement et donc de réduire le champ de l'étude à une fraction des

⁷⁹ L'*habitus* est un « programme » grâce auquel l'ensemble des prédispositions à agir, à penser, à parler de façon quasi automatique, serait forgé dès l'enfance par l'intériorisation des normes du groupe social.

⁸⁰ *La Recherche* avait demandé à André Green d'écrire un texte en réaction à *Matière à penser*, Paris, Odile Jacob, 1989, ouvrage retraçant le dialogue entre le neurologue J.-P. Changeux et le mathématicien A. Connes. Plutôt que de répondre à ce texte, J.-P. Changeux a préféré écrire un texte strictement neurologique, sans faire écho aux propos d'A. Green (*La Recherche*, 244, juin 1992, p. 704-713). Le texte de ce dernier a paru après celui de J.-P. Changeux avec un appendice en écho du texte (*La Recherche*, 247, octobre 1992, vol. 23, p. 1166-1174).

⁸¹ Selon la définition donnée dans *L'Homme neuronal*.

phénomènes psychiques⁸². Il se réfère alors à la valeur thérapeutique de la psychanalyse. Cette référence à l'expérience est essentielle dans le débat, car elle prend en compte ce qui dans l'expérience humaine résiste à une explication réductrice, selon le projet de « naturalisation » conduit par les neurosciences.

5.3. *Le cerveau de qui ?*

Lorsque les neurosciences emploient le terme « intentionnalité », elles reconnaissent que tout acte mental est une activité enracinée dans le cerveau. Dans les exposés, les processus observés sont habituellement référés au cerveau. Les neurosciences ont été construites sur la conviction qu'il fallait éliminer toute référence à un principe qui serait d'un autre ordre que ce que la science saisit, de quelque nom qu'on l'appelle : l'âme, l'esprit ou la pensée. Ce faisant, elles ont récusé le sens commun et le discours des philosophies qui se réfèrent à une entité qui préside aux pensées et aux actions et qui renvoient à une subjectivité. Or la lecture des textes de neurosciences montre que le cerveau prend la place de sujet d'attribution des propriétés ou aptitudes étudiées. C'est le cerveau qui est devenu le sujet de l'action. Parfois même c'est une partie du cerveau qui est pris comme sujet d'attribution ; une aire cérébrale ou un réseau neuronal deviennent sujet de l'action. Au lieu de dire « l'homme agit par son cerveau » (ou grâce à telle ou telle aire ou sur la base de tel ou tel réseau de neurones), on dit que le cerveau ou un ensemble de

⁸² Il écrit des travaux neurologiques : « Leurs outils ne visant pas la vie psychique au sens des psychanalystes, ils en nient donc tout simplement l'existence, alors que leurs outils ne réussissent qu'à en donner une image dérisoire » (p. 1169-1170). Cf. également, André GREEN, *La Causalité psychique. Entre nature et culture*, Paris, Odile Jacob, 1995 : « On a décidé de s'intéresser aux rapports entre l'intelligence fondée sur la théorie de l'information et l'étude du cerveau – on a pour ce faire (et non seulement de ce fait) éliminé tout ce qui ne peut entrer dans ce programme. On a donc, sur ces bases, poursuivi la recherche en parvenant à des théorisations audacieuses, mais on a buté sur le problème de la psychologie populaire – celle en vertu de laquelle nous sommes tous sujets à certains moments de notre vie privée – comme champ ne tombant pas sous le coup des théorisations existantes. On a donc été partagé entre le désir de la contourner et celui d'en rendre compte, mais on a dû y renoncer faute de moyens parce qu'on a voulu en ignorer les fonctions, les buts, les origines. Ceci a entraîné la suggestion pure et simple de déclarer cette psychologie fondée sur les croyances, le désir, *etc.*, inexistante : l'approche des sciences cognitives est une lobotomie théorique », p. 76-77.

neurones considérés sont le sujet de la phrase qui dit l'action⁸³. Ce remplacement doit être critiqué⁸⁴.

Cette manière de dire est évidemment une commodité qui permet de préciser l'étude et d'être attentif à un phénomène bien localisé ou bien placé dans le cadre d'une hiérarchisation fonctionnelle. Si cette manière est légitime dans le cadre d'une étude précise, ce n'est pas le cas quand l'esprit généralise ses observations dans un champ plus vaste. C'est oublier que le « cerveau » est un « objet de science » et donc qu'il est construit par la science elle-même. L'explication se referme sur elle-même et cela s'oppose à l'ambition de traiter de la conscience ou de l'esprit. Il y a un abus de langage.

Cet abus de langage est d'abord l'oubli qu'un être vivant est constitué d'un corps dont le cerveau n'est qu'un élément – si important soit-il, il n'est pas le corps. Il ne serait pas sans ce corps. Cette remarque a une dimension philosophique où l'unité du vivant est réalisée dans un « corps propre » irréductible à une seule de ses parties, fut-ce l'organe qui en assure l'unité et le dynamisme.

Poursuivant cette critique, il apparaît en philosophie que les termes habituels du langage se rapportent à ce qui est irréductible dans un être humain. Le terme « esprit » désigne la source d'une présence à soi, aux autres et au monde. La notion d'esprit est plus vaste que la seule notion de raison ou d'entendement (ou état mental). Elle est liée à la vie. Elle manifeste sa richesse en reconnaissant sa source et sa surabondance. Cela advient dans l'intime, le plus profond de l'existence humaine, mais aussi dans l'histoire comme le facteur qui porte et produit la culture sans laquelle l'humanité serait animale comme les autres vivants. La notion d'esprit renvoie aussi à ce qui est obscur dans l'être humain, ce qui échappe à la conscience claire. N'y a-t-il pas une illusion à penser que cette part obscure sera ultimement éclairée par les neurosciences, qui seraient seules pertinentes en la matière ?

⁸³ La matière même selon Gerald EDELMAN et Giulio TONONI, *Comment la matière devient consciente*, Paris, Odile Jacob, 2000.

⁸⁴ Cf. Emmanuel FOURNIER, *Creuser la cervelle. Variations sur l'idée du cerveau*, « Science, histoire et société », Paris, PUF, 2012, p.45-47 où il conclut : « penser est une conduite d'ensemble, qui engage le tout de l'individu ».

6. Perspectives philosophiques

En philosophie la problématique immanente à bien des travaux de neurosciences se fait au « *mind-body problem* », mettant en relation des termes entendus dans le cadre du dualisme qui est rattaché à Descartes. Pour affronter cette question il faut revenir à la source grecque de la culture philosophique, la philosophie de Platon, ce qui permettra de sortir des simplismes habituels dans les revues de vulgarisation scientifique.

6.1. Quel dualisme ?

La perspective platonicienne apparaît dans le célèbre dialogue, le *Phédon*, qui met en scène Socrate en prison, attendant l'annonce de sa condamnation à mort. Dans ce contexte pathétique, il débat avec ses disciples de la réalité dont il cherche à dégager le principe ultime. Après avoir récusé la valeur d'un traité de cosmologie qui ne se réfère qu'à l'action des « éléments matériels », le dialogue porte sur ce qui le concerne, sa mort prochaine. Face à elle, Socrate atteste qu'un être humain trouve sa dignité dans le principe qui l'habite, l'âme immortelle par nature. Si le corps matériel peut être détruit, l'âme immortelle passe outre la mort, qui n'est qu'un trépas. Le corps et les organes corporels sont des instruments dont l'âme (intelligence et volonté) se sert pour que la vie humaine soit belle et heureuse. Le corps est comme un outil pour une heureuse vie humaine, dont l'âme est le principe ; cette âme immatérielle gouverne le corps, comme le cocher l'attelage. La nature de l'âme est attestée par la pensée qui n'est pas chose matérielle. Si ce dualisme ne se prête pas à un dialogue avec l'anthropologie réductionniste des neurosciences, le débat peut cependant être engagé à partir d'une partie des propos du *Phédon*, celle qui a une dimension cosmologique.

Platon évoque le traité de cosmologie qui lui a été présenté. Il constate qu'il ne répond pas à la question cosmologique, car il ne fait appel qu'à des éléments matériels ; le traité qu'il a lu ne rend pas raison de la réalité dite cosmos faute d'en avoir saisi l'unité, puisqu'il ne considère pas son principe : la perfection de la forme qui lui est donnée par ce qu'il appelle « l'âme du monde⁸⁵ ». Pour Platon, la cosmologie est une science quand elle fait appel à

⁸⁵ Sur la richesse de cette expression, voir Joseph MOREAU, *L'Âme du monde de Platon aux Stoïciens*, Paris, Belles Lettres, 1939.

un principe exprimé par des formes mathématiques qui ne doivent rien à la matérialité, mais tout à l'intelligence. Le monde observé est un cosmos intelligible et harmonieux, parce qu'il participe au monde des idées qui transcendent le temps et l'inertie des éléments matériels. La notion métaphysique de participation vient alors pour dire comment l'esprit et la matière sont unis pour que la réalité soit ce qu'elle est ; leur coopération est attestée par l'intelligibilité du réel que la science exprime en langage mathématique. Tel est le fondement de la science qui a été retrouvé dans le renouveau du platonisme à la Renaissance. La science moderne l'a développé, au point que les traités scientifiques ne doivent rien aux représentations des objets familiers⁸⁶. Les neurosciences et les sciences cognitives utilisent cette même démarche de formalisation dans la modélisation des activités du cerveau⁸⁷.

Pour notre réflexion, le plus important dans le dialogue de Platon est que la notion de cause n'est pas univoque. Dans le passage qui suit la critique cosmologique, Platon reconnaît qu'il y a deux ordres de causalité⁸⁸. Le premier

⁸⁶ Les théoriciens de la mécanique quantique sont tous disciples de Platon, puisque leur formalisme est loin de la formulation acquise dans l'enseignement élémentaire, du primaire et du secondaire, trop proche de l'expérience sensible.

⁸⁷ Le débat entre Alain Connes est Jean-Pierre Changeux porte sur cette énigme de l'intelligibilité du réel obtenue grâce à des créations intellectuelles abstraites, loin du réel tangible et de la structure des circuits neuronaux.

⁸⁸ « Il [l'auteur du traité cosmologique] s'exprimerait en ces termes : la raison pour laquelle je suis maintenant assis en ce lieu, c'est que mon corps est fait d'os et de muscles ; que les os sont solides et qu'ils ont des commissures les séparant les uns des autres, tandis que les muscles ont la propriété de se relâcher ou de se tendre. [...] Et voilà la cause en vertu de laquelle, m'étant replié de la sorte, je suis assis en ce lieu. [...] Négligeant de mentionner les causes qui le sont véritablement : à savoir, que, les Athéniens ayant jugé qu'il valait mieux me condamner, moi à mon tour, et précisément pour cette raison, j'ai jugé qu'il valait mieux, pour moi aussi, d'être assis en ce lieu, autrement dit qu'il était plus juste, en restant sur place, de me soumettre à la peine qu'ils auraient édictée. [...] Donner le nom de causes à de pareilles choses est pourtant trop absurde. Ah, si l'on disait que, faute de posséder ces sortes de choses (j'entends des os, des muscles et tout ce que j'ai en outre), je ne serais pas à même de faire ce que je juge bon de faire, on ne dirait ainsi que la vérité. Que ce soient là toutefois les causes en vertu desquelles je fais ce que je fais, que mon intelligence soit employée par moi à accomplir ces actes et que néanmoins ce ne soit pas en optant pour ce qui vaut le mieux, le dire serait en user avec beaucoup de sans façon et sans mesure à l'égard du langage ! Ainsi, on n'est pas en état de discerner qu'autre chose est la réalité de la cause, autre chose ce sans quoi la cause ne serait jamais la cause ! » (PLATON, *Œuvres*, trad. Léon Robin, bibliothèque de la Pléiade, Paris, Gallimard, 1950, t. I, p. 827).

est transcendant grâce à son caractère immatériel ; le mot « immatériel signifie que ce n'est pas un objet sensible, perceptible par les sens. Le second est inscrit dans l'action. Ces deux niveaux de causalité sont articulés hiérarchiquement, selon la métaphysique de la participation. Socrate en prison, parlant au moment où il vient d'être libéré de ses chaînes, ayant retrouvé la liberté de ses mouvements, pourra boire la ciguë ; mais la raison pour laquelle il est en prison et condamné à mort est d'un autre ordre : celle de sa conscience qui lui a interdit de fuir et lui a fait assumer un procès pour témoigner de la justice. Son acte participe à la « Justice » qui est une valeur éternelle et universelle, situation désignée habituellement par le terme « transcendance ». La vraie cause vient de l'esprit ; les autres sont de l'ordre de l'instrument ; sans elles, Socrate ne pourrait ni parler ni aller au-devant de sa mort ; aucune d'elles n'est la « vraie cause ». Plus encore, elles ne sont causes que par cette cause qui leur donne d'être cause.

6.2. Un principe d'unité du vivant : l'âme

Dans le sillage de cette notion de causalité, le philosophe dont la démarche nous semble utile pour notre réflexion sur les neurosciences est Aristote. Disciple de Platon, il s'est séparé de lui en considérant que son dualisme n'est pas satisfaisant⁸⁹. En naturaliste attentif à l'observation des vivants, il récuse cette séparation ontologique de l'esprit et de la matière. Il entend donc donner une explication qui ne fait pas appel à un principe transcendant ou séparé. Il se fonde sur l'observation – fondement du long traité sur les animaux. Il s'inscrit dans une perspective qui est celle des sciences naturelles – au sens classique du terme. Il observe qu'un vivant est un être autonome et qu'il y a en lui une diversité d'organes, tissus, membres ou parties unifiées dans un seul acte : vivre. La notion qui lui paraît essentielle est celle d'acte, c'est-à-dire ce que nous comprenons à partir de notre agir. La vie est un acte. À son propos, il y a un point de vue anatomique (tissus, organes...) et un point de vue physiologique (échange, fonctions...) qui sont indissociables. Il y a aussi un point de vue plus global qui répond à la question : qu'est-ce qui fait

⁸⁹ Nous sommes d'accord avec Anne FAGOT-LARGEAULT, « La forme chez Platon et Aristote », dans *La Vie des formes et les formes de la vie*, sous la direction de Jean-Pierre Changeux, Collège de France, Paris, Odile Jacob, 2012, p.1935, pour ne pas durcir l'opposition entre Platon et Aristote car pour l'un et l'autre la forme fait l'unité d'une multiplicité.

l'unité du vivant ? C'est ce principe global qu'Aristote appelle l'âme (*psyché*). Ce principe est réel, même s'il n'est pas visible de la même manière que les éléments du vivant (qui relèvent de l'anatomie ou de la physiologie). L'existence du vivant fait que l'on peut affirmer la réalité de ce qui reste insaisissable pour l'observation sensible – elle n'apparaît pas dans le cadre d'une action chirurgicale. Son absence fait que le corps devient cadavre et se décompose. Aristote ne lui donne pas un siège particulier, ni un organe majeur. L'âme est dans tout le corps. Elle n'y est pas présente comme une partie, mais comme la force qui par son action donne aux éléments de constituer un tout ordonné. Les éléments matériels donnent des possibilités (avec des limites strictes). Celles-ci ne viennent à l'existence que par le principe actif qui les ordonne dans un tout unifié où chacune exprime ses capacités en lien avec les autres. En les ordonnant, il les fait être ce qu'elles sont, leur forme et leur puissance active. Ce principe dynamique, la *psyché*, donne à un vivant d'être dans l'unité et la singularité de son existence – l'animal n'est tel que par son âme, *anima*.

C'est dans cette perspective philosophique que nous nous situons⁹⁰. Elle écarte les deux perspectives relevées plus haut : le dualisme strict et le réductionnisme du mécanisme. Elle introduit une perspective qui n'est ni dualiste ni moniste. La référence à l'âme comme principe qui donne forme est unitaire car elle rend raison de l'unité et de la singularité d'éléments différents, unis dans la nécessaire coprésence dans un même acte, vivre. Elle demande à être présentée de manière plus explicite et pour cela être située dans un ensemble conceptuel plus vaste⁹¹.

6.3. L'âme, l'esprit et la pensée

Notre démarche croise une autre perspective qui connaît un certain succès aujourd'hui dans le monde chrétien et spiritualiste⁹². Elle veut sortir du

⁹⁰ Cf. Francis WOLF, *Notre humanité. D'Aristote aux neurosciences*, Paris, Fayard, 2010.

⁹¹ Cf. Laura BOSSI, *Histoire naturelle de l'âme*, « Science, histoire et société », Paris, PUF, 2003. Cet ouvrage retrace l'histoire du concept d'âme depuis les origines ; celle-ci est dans une perspective aristotélicienne, liée à la pratique médicale. C'est l'œuvre d'une neurologue qui a pris le temps d'étudier la philosophie qu'elle enseigne à Paris.

⁹² Cf. dans une perspective d'apologétique chrétienne, Jean BORELLA, *La Charité profanée. Subversion de l'âme chrétienne*, Paris, éditions du Cèdre, 1979 ; Annick de SOUZENELLE, *Le Symbolisme du corps*, Albin Michel, 2014.

dualisme et pour cela s'appuie sur une tradition liée à une certaine lecture de la Bible et qui considère trois éléments pour définir l'être humain : le corps, l'âme et l'esprit. Cette division tripartite est exprimée par Paul dans l'épître aux Thessaloniens : « *Que le Dieu de la paix lui-même vous sanctifie totalement, et que votre être entier, l'esprit, l'âme et le corps, soit gardé sans reproche à l'Avènement de notre Seigneur Jésus-Christ* » (1 Th 5,23). Cette division tripartite conduit à une conception dont la motivation permet d'échapper à la visée réductrice de la méthode des neurosciences. Le mot « esprit » affirme qu'elle a le tort d'écarter tout un champ de l'expérience humaine ou de ne la considérer qu'à travers le filtre de ses exigences de « naturalisation ».

Il faut noter à ce propos la difficulté du vocabulaire dans les langues européennes. L'anglais a trois termes : « *mind, soul, spirit* » ; l'allemand à quatre termes : « *Geist, Seele, Gemüt, Witz* », le français n'en a que deux « âme, esprit ». Le latin emploie les termes : *anima mens, ingenium*, et le terme *spiritus* qui s'est développé dans la tradition chrétienne. De cette diversité nous concluons que les termes ne se comprennent pas quand ils sont isolés. Ils prennent sens dans un contexte et dans un ensemble social défini par les relations, les idéaux, les engagements et les sentiments communs. Ainsi le même mot peut changer de sens selon le contexte. Il faut donc préciser. En effet, le mot français « esprit » transcrit le latin *spiritus* pour traduire le mot grec *pneuma*. Les deux termes ont rapport avec le souffle et le vent, comme le mot hébreu biblique *rouach*. Cette image mère ne suffit pas à dire le sens du terme parce qu'il a été employé par les plus grands penseurs et qu'il a pris des sens fort divers, selon les visions du monde et le champ où s'enracine l'étude et la réflexion⁹³.

Notre option, en accord avec le réalisme des neurosciences, est de ne pas séparer le sens abstrait de son enracinement matériel. Cela vaut pour tous les termes qui disent l'être humain. L'esprit se définit à partir du souffle (en hébreu, en grec et en latin). L'âme se définit à partir de la vie : circulation du sang chez les Hébreux ; chez les Grecs le principe d'unité des éléments

⁹³ Cf. Francis WOLF, *Notre humanité. D'Aristote aux neurosciences*, Paris, Fayard, 2010. L'ouvrage présente quatre modèles anthropologiques : celui de Platon et de l'école dualiste ou spiritualiste, où l'âme est séparée, celui d'Aristote où l'âme est forme du corps, celui du structuralisme où le sujet s'efface et enfin celui des neurosciences où la différence entre l'homme et l'animal s'efface. L'ouvrage montre l'évolution des idées en la matière.

corporels. Chez les Grecs, il y a un long chemin pour passer de la métaphorisation des organes (le cœur, le sang, le souffle, le toucher, le regard...) à des termes abstraits. Les notions d'esprit, d'intelligence, de pensée ont été habituellement entendues dans un sens immatériel. La notion d'âme (*psyché*) a le mérite d'avoir gardé la dimension vitale et donc est plus apte à s'appuyer sur les résultats des études scientifiques et à les assumer dans une conception renouvelée de l'irréductible grandeur de l'être humain. Nous utiliserons alors le terme de « personne », qui a le mérite d'éviter les malentendus liés à la notion d'âme qui a pris le sens de siège de la sensibilité et de la perception de la beauté.

7. L'âme principe de la personne humaine

Depuis le début de notre réflexion notre attention s'est portée sur le terme « esprit », parce que les neurosciences et les sciences cognitives emploient ce terme pour dire leur ambition ultime, témoin les nombreux titres qui portent ce mot, le plus souvent pour traduire le terme anglais *mind*, transposition du terme latin *mens*, qui désigne les capacités de raisonnement et de calcul caractéristiques d'un être humain. Or le mot esprit n'est pas si simple. Pour lui donner une sens plénier, nous pensons éclairant de reprendre un terme au carrefour de l'art et de la pensée : « horizon ».

7.1. L'horizon

7.1.1 Expérience commune de l'horizon

En premier lieu, l'horizon fait partie des études d'histoire de l'art. En effet, un peintre ne peut placer une figure sur la toile sans la mettre en relation avec le reste de l'espace défini par le cadre. Un portrait est placé devant un horizon qui n'est pas neutre, car il permet la présence de la figure représentée – surtout quand il s'agit du visage. L'horizon permet de bien le voir et lui donne du sens. Autre le fond d'or qui met en valeur la sainteté du personnage représenté sur une icône, autre un paysage qui dit un rapport à un pays charnel, autre un ciel profond contrasté par la présence de tel ou tel nuage ou rayon de soleil... Ainsi le message ne se réduit pas au visage représenté, car il suppose une inscription sur un support plus vaste, plus large, voire d'un autre ordre.

En second lieu, la notion d'horizon est aussi liée à l'expérience de l'espace tel que le vit un marcheur. L'horizon est en avant de lui ; toujours devant, il se déplace avec lui. Cet horizon n'est pas un indéfini, mais le moteur de la marche, ce qui éveille un désir. Cette considération sur l'horizon vaut en particulier pour le langage. Ce point est important dans notre débat, car les neurosciences se fondent sur l'analyse du langage et sur sa structure.

7.1.2. Le devenir de la science

Cette notion d'horizon s'applique aux travaux des neurosciences. Ils ne peuvent se suffire à eux-mêmes et ne peuvent se développer que sur une structure d'horizon. Cette attitude est universelle en science. Il faut être bien naïf aujourd'hui pour croire qu'en allant de plus en plus avant dans la quête de ce qui est ultime dans la matière, on arriverait à un élément ultime dont la connaissance permettrait la clôture du système des connaissances physiques. La notion d'atome a joué ce rôle et la mécanique quantique a montré la nécessité d'introduire des concepts nouveaux et l'obligation d'avoir recours à une mathématique plus riche⁹⁴. L'esprit est invité à aller toujours plus avant en changeant de registre de pensée.

Ceci vaut pour les sciences cognitives considérées comme acte de pensée. La recherche en matière de connaissance du cerveau a conduit les penseurs à poser comme horizon ce qui a été qualifié d'« esprit ». Ce terme joue un rôle d'horizon au sens où il permet aux concepts de prendre sens. Mais cette notion limitée d'esprit, puisque réduite à l'état mental, demande elle-aussi à aller plus avant : quel concept, puisqu'il s'agit de science, pourra jouer ce rôle ? Nous pensons qu'il faut reprendre le terme posé par les neurosciences et lui donner son extension majeure – en l'état actuel des connaissances scientifiques, mais aussi en assumant l'héritage d'une philosophie et de nombreuses expressions d'un autre ordre, la métaphysique joue ce rôle dans sa radicalité conceptuelle.

Cette notion fait droit à notre propos qualifié de « dual » - pas de monisme et pas de dualisme – car il n'est pas d'horizon en soi ni de figure sans horizon. L'un et l'autre sont corrélatifs et pourtant irréductiblement différents. De l'un à l'autre le rapport n'est pas d'homologie, mais d'enrichissement.

⁹⁴Les travaux d'Alexandre Grothendieck montrent comment une vision théorique loin de toute exigence utilitaire permet de formaliser les nouveautés scientifiques, ou encore comment la topologie de René Thom peut servir à la biologie.

L'horizon est alors marqué par une nouveauté qui permet d'honorer une dimension essentielle de la vie, la finalité.

7.1.3. *La raison d'être*

La question est en effet non seulement comment fonctionne la pensée, mais aussi pourquoi penser ? C'est alors que se pose la question de la finalité. Or celle-ci est écartée par la perspective des neurosciences – pour des raisons de méthode que nous avons soulignées plus haut. Le langage opératoire des sciences réduit la finalité à la téléonomie, c'est-à-dire à la finalité interne. La finalité des processus neuronaux est réduite au fonctionnement optimal du cerveau ou du corps qui reçoit les informations pour agir ensuite et en faire le meilleur usage. La pensée n'a-t-elle d'autre finalité que cette action ? La pensée n'est-elle pas la possibilité ou la capacité d'accéder à un monde autre que soi et reconnu comme irréductiblement différent de soi et donc une sortie du solipsisme⁹⁵.

L'expérience de celui qui avance et qui voit paraître un horizon toujours nouveau, permet de faire droit à la reconnaissance de la transcendance de la finalité. En effet, le réel n'est pas réduit à ce qui est immédiatement donné ; il est aussi constitué par des éléments marqués par une progression qui prend la dimension de l'universalité. Il est donc pertinent de reprendre les termes métaphysiques qui ont cette valeur universelle : le vrai, le bien, le beau, le juste... tout ce qui dit la richesse d'être ! Ainsi se pose la question de la quête de la raison d'être⁹⁶. La métaphore de l'horizon nous permet de conclure que les termes employés par les neurosciences, à raison de la méthode scientifique, ne concernent qu'une part de l'être vivant (le cerveau qui l'unifie) ; ils ne sont pas vraiment compris tant que le dynamisme propre de la connaissance n'est pas reconnu.

⁹⁵ Nous voyons un piège narcissique dans la remarque suivante : « J'assimile la notion de spirituel à une expérience intense de l'harmonie, au sentiment que l'organisme fonctionne avec la perfection la plus grande possible. Cette expérience s'associe au désir d'agir à l'égard des autres avec bienveillance et générosité. Ainsi avoir une expérience spirituelle, c'est éprouver durablement des sentiments dominés par telle ou telle variante de la joie, même si elle est sereine », Antonio DAMASIO, *Spinoza avait raison. Joie et tristesse, le cerveau des émotions*, Paris, Odile Jacob, 2003, p. 280.

⁹⁶ Marcel BITBOL, *La conscience a-t-elle une origine ? Des neurosciences à la pleine conscience : une nouvelle approche de l'esprit*, « Bibliothèque des savoirs », Paris, Flammarion, 2014.

7.2. *La rencontre de l'Autre*

La réflexion sur les neurosciences ne peut donc se limiter à reconnaître qu'il y a encore à découvrir des mécanismes non encore perçus⁹⁷. Elle conduit à reconnaître que la construction du savoir est habitée par le souci d'un « au-delà » du mode fonctionnel ou du pragmatisme qui leur sert de philosophie naturelle, un principe immanent au dynamisme de l'être vivant. La pensée est le chemin de l'accès au réel. La pensée n'est pas séparée de toute l'activité humaine de connaissance qui prend racine dans le sensible pour accéder à des éléments d'un autre ordre. Le chemin de l'accès aux mathématiques le montre bien, puisque l'intelligence saisit non plus seulement des « nombres nombrants », mais des « nombres nombrés » ou encore construit une topologie fort abstraite à partir d'une expérience qui se déploie dans un espace naturellement euclidien. Ainsi la pensée humaine se caractérise par sa capacité d'abstraction – cette qualité se réalise pleinement en humanité.

Il est une autre dimension de cette capacité ouverte sur l'infini : le retour sur soi. Cette capacité est corrélée à la précédente (l'ouverture sur l'infini) car elle suppose une distance de soi par rapport à soi. Cette dimension de réflexivité permet de donner son plein sens au mot « esprit ». Ce terme dit le retour sur soi d'un être vivant ; il souligne l'aspect réflexif de la pensée et de la sensibilité. Il atteste une indépendance vis-à-vis de ce qui est reçu. Il réalise pleinement la capacité d'action de la connaissance dont on a vu que si elle est passivité en recevant l'influx des perceptions, elle est d'abord activité. Le terme « intentionnalité » ne se réduit pas à la distance de l'acte mental par rapport à l'immédiat, ni à la précédence d'une réflexion pour mieux agir, mais une manière d'être qui participe d'une réelle transcendance.

La notion d'intentionnalité retrouvée au sens plénier nous permet de marquer la différence entre les pré-humains et l'humanité : la reconnaissance de l'Autre comme tel. Les leçons de l'école française de psychanalyse sont ici utiles à retrouver. Il y a en effet l'autre, écrit avec un petit a, qui est autre, mais toujours référé à soi dans un réseau d'utilité et de coopération ; mais il y a aussi l'Autre, écrit avec un grand A, qui n'entre jamais dans une telle relation,

⁹⁷ C'est l'attitude prudente des scientifiques ; l'établir en règle absolue et s'en servir comme d'un interdit est une option d'un autre ordre ; elle est métaphysique. Cf. Marc JEANNEROD : « La substance vivante, tout en n'éluant pas les lois de la physique telles qu'elles nous sont connues, dépend probablement d'autres lois physiques encore inconnues. » (*La Nature de l'esprit*, p. 26).

car il existe pour lui-même, irréductible à toute prise. Toute la difficulté de vivre pleinement son humanité repose sur la manière de sortir d'un monde où il n'y a que des « objets petit a » (comme on dit ma montre, mon stylo, ma voiture mais aussi mon mari, ma femme, mes enfants...) à un monde où existent ceux qui sont dans la dignité de « grand Autre ». Les neurosciences portent cette exigence et s'affrontent à cette difficulté⁹⁸.

Ce souci invite à prendre en compte la notion de personne qui insiste sur la singularité d'un être humain – un terme élaboré dans la tradition chrétienne – source qu'il serait maladroit, voire suicidaire, d'ignorer⁹⁹.

7.3. La notion de personne

7.3.1. Un sujet responsable

La notion de personne relève du Droit qui oppose les « choses » et les « personnes ». La philosophie de Kant en a structuré l'usage éthique en reconnaissant que les premières ont statut de « moyens », les secondes de « fins ». La notion humaine est présente dans le registre de la grammaire où il y a des « personnes ». La personne est un sujet de droit. Cette notion suppose la reconnaissance de la responsabilité morale.

La notion prend un sens spirituel ou psychologique quand elle croise la notion de personnalité : ce qui a trait à l'activité et à la manière d'être d'un être humain singulier, irréductible aux autres humains. C'est en ce sens qu'elle peut entrer dans le prolongement naturel d'une réflexion sur les neurosciences.

⁹⁸ Pierre BUSER, *Cerveau de soi, cerveau de l'autre*, Paris, Odile Jacob, 1998. À propos de la vie mystique : « L'expérience mystique émane de notre propre structure mentale, quelle que soit l'élément surnaturel (divinité ou divinités) dont cette expérience mystique est le cadre. » (p. 350). Antonio DAMASIO, *L'autre Moi-même. Les nouvelles cartes du cerveau, de la conscience et des émotions*, Paris, Odile Jacob, 2010 ; sous la direction de Alain BERTHOS et Gérard JORLAND, *L'Empathie*, Paris, Odile Jacob, 2004.

⁹⁹ Cf. Marcel GAUCHET, déplorant l'amnésie de notre temps où d'aucuns veulent fonder une humanité nouvelle qui ne doive rien à son héritage religieux : « Cette humanité, très nouvelle à de très nombreux égards [...] ne peut se comprendre qu'en comprenant qu'elle a été religieuse, et ce qu'elle doit à l'élaboration théologique de la religion. Ce n'est qu'au prix de cet effort qu'elle peut rester elle-même. Tel est le grand choix devant lequel se trouve notre culture : sommes-nous en mesure de donner un statut délibéré à cet effort de réappropriation », Communication à l'Institut de France 9 décembre 2011, dans *Revue des Sciences religieuses*, 87, n° 1, (janvier 2013), p. 101.

Le chemin d'approfondissement que nous avons esquissé plus haut se poursuit pour inviter à reconnaître le sens acquis dans la philosophie. Une personne est un sujet individuel, responsable de son action, de la conduite de sa pensée et de sa participation à une vie sociale modulées différemment, selon les étapes de sa vie. C'est sur cette base que se pose la question du « sujet ». C'est là entrer en métaphysique.

7.3.2. La personne pour la métaphysique

La notion de « personne » prend un sens spécifiquement métaphysique quand est radicalisée la question du sujet. La question métaphysique est alors celle de la subsistance : le sujet est-il « par soi » ou « par un autre » ? La notion de personne désigne un sujet qui n'est pas la partie d'un tout, mais celui qui existe « par soi ». La question est reprise alors : quelle est la racine de ce « par soi » ?

Une première réponse consiste à dire que la personne est comme la résultante des parties qui la constitue ; cette vision est présente dans la perspective évoquée plus haut où la notion d'émergence est utilisée. À notre avis, le concept d'émergence a une valeur descriptive, mais il n'est pas suffisant pour dire la nouveauté qui est apparue. Il permet de marquer une continuité et une progression ; mais il ne permet pas de bien dire la spécificité de ce qui est apparu dans le processus vital¹⁰⁰. Nous proposons d'avoir recours à la notion de *psyché* présentée plus haut.

Pour tous les vivants (les animaux), leur principe d'identité n'est pas matériel, mais la « force » ou « le dynamisme » qui fait de la matière vivante un organisme unique et irremplaçable ; ce principe fait d'un vivant un être unique par son histoire. La notion de personne apparaît clairement dans cette perspective. Elle se définit donc au plan métaphysique comme l'être humain constitué par le principe de vie, l'âme, qui n'est pas réductible à sa matérialité. Mais comme nous l'avons vu plus haut, ce principe est source de capacités de réflexion et d'invention qui fait l'être humain différent des autres animaux. La personne participe donc à l'infini ; comme un horizon qui n'est pas un effet spatial, mais une instance de réflexion et de transcendance.

¹⁰⁰ Sur ce point nous ne suivons pas la voie indiquée par Bernard FELZ, « Neurosciences, déterminisme et libre arbitre », dans *L'Humanité de l'homme bouleversée par les neurosciences ?*, Cahiers *Connaître*, n° 36-37, décembre 2011, p. 32-47, ni celle d'Alexandre GANOCZY, *Christianisme et neurosciences*, Paris, Odile Jacob, 2008.

Ce n'est pas là instaurer une dichotomie, mais poser une exigence de reconnaissance de l'irréductibilité du sujet humain et donc assumer les éléments fondateurs de la dignité humaine. Cette définition de la personne permet de faire droit à l'expérience humaine telle qu'elle a été exprimée par saint Augustin : « *Je suis, je connais, je veux. Je suis celui qui connaît et qui veut. Je connais que je suis et que je veux. Et je veux être et connaître. À quel point notre vie est inséparable dans ces trois phénomènes – vie une, intelligence une, essence une – sans qu'il soit possible d'opérer une distinction qui est pourtant réelle - le comprenez qui peut.* » (*Confessions*, XIII, 11,12).

7.3.3. Héritage théologique

Une dernière question se pose. La notion de personne que nous venons d'explicitier pourrait-elle être enracinée dans les neurosciences ? Notre réponse est nuancée. D'abord, comme nous l'avons montré, les neurosciences sont portées par un mouvement vers l'avant qui ne se contente pas d'étendre le champ de l'étude à tous les faits biologiques ou neurologiques voire psychologiques observables. Elle est aussi habitée par un désir de savoir qui appelle à accéder à une transcendance en rendant au terme « esprit » un sens plus large que le sens fonctionnel reçu dans le monde scientifique. C'est en ce sens que la notion de *psyché* (âme) est bienvenue, dans la perspective des travaux d'Aristote qui est un fondateur des sciences naturelles et de l'étude du vivant. Mais dans l'emploi de la notion de personne, il y a un autre élément. Il fait partie de l'histoire de la culture universelle. La notion a été privilégiée et affinée dans le cadre de débats théologiques. Le sens du mot « personne » a été intériorisé dans la tradition chrétienne pour dire le sujet humain.

La notion de personne a été affinée par la nécessité de penser une relation subsistante dans le cadre d'une pensée de la transcendance liée à une irréductible altérité. C'est donc dans cet héritage que la notion a pris son sens plénier. Cette perspective est en harmonie avec le concept de création qui conduit à reconnaître une dimension personnelle à la source de la vie. La prise en compte de l'origine du concept de personne, permet de ne pas introduire dans la recherche une argumentation qui fausse le débat.

Conclusion

Les notions d'esprit et d'âme ont une dimension charnelle – comme l'atteste le vocabulaire biblique pris du corps humain : souffle, sang, cœur... Il

y a eu un long chemin à parcourir pour leur donner un sens spirituel. La route n'est pas finie. Nous en avons donné des éléments. Nous avons accepté de recevoir les résultats des neurosciences. Il ne s'agissait pas seulement d'accepter des techniques utiles au plan médical ou pour des travaux d'ingénierie (fabriquer des machines pour aider l'activité humaine), mais d'accepter le projet d'une meilleure connaissance de l'être humain en ce qu'il a de plus spécifique et donc de recevoir les propos qui instaurent une « philosophie de l'esprit » - dans un sens nouveau. Cette prise en compte supposait une attitude critique fondée sur le vocabulaire même des neurosciences. Elle supposait aussi de prendre en compte la dimension irréductible de la vie humaine, qui est appelée dans la tradition spirituelle « esprit » dans la réflexivité de la conscience de soi et de la reconnaissance de l'autre. Cette exigence a induit une dimension nouvelle : la rupture avec le matérialisme. La notion de personne est apparue alors comme le lieu où la vie prend un visage nouveau.

Il ne s'agissait pas de se situer dans une position de nostalgie d'un âge de l'esprit (celui de la chrétienté ou celui de l'âge romantique) ou de crainte vis-à-vis de l'hydre matérialiste tapie dans les propos réducteurs des scientifiques. Il s'agissait d'abord de se réjouir de voir le progrès des connaissances et des techniques, qui portent des fruits et ouvrent à des responsabilités nouvelles.

Notre critique philosophique s'est enracinée dans une réflexion sur le travail qui est mené. En effet, la connaissance humaine est caractérisée par la réflexion, au sens large du terme : un retour sur soi du sujet qui pour connaître doit savoir qu'il connaît et comment il connaît. Cette démarche est fondatrice de la civilisation selon la maxime antique : « Connais-toi toi-même ». Cette connaissance se fait selon un certain « point de vue ». Les neurosciences se fondent sur un certain point de vue, son enracinement dans l'étude du cerveau, selon les exigences de la science expérimentale. Ce point de vue n'était pas possible au temps de la philosophie classique, faute des moyens techniques qui le permettent aujourd'hui. Leur utilisation est récente. Les résultats sont nouveaux. Ils obligent à reconsidérer ce qui était communément dit. C'est là un défi. Il me semble important de le relever, pour mieux voir la richesse de l'humain¹⁰¹.

¹⁰¹Cf. Michel BITBOL, *La Conscience a-t-elle une origine ?*, Paris, Flammarion, 2014 : « Questionner nous resensibilise à la singularité ..., tandis que se hâter de répondre dilue l'éclat du singulier ... », p.21 ; Emmanuel FOURNIER, *Creuser la cervelle. Variations sur l'idée de cerveau*, « Science, histoire et société », Paris, PUF, 2012, p. 69-71 et 276-278.

Peut-on réduire nos émotions et nos comportements à l'activité de notre cerveau ?

Catherine Belzung^{1, 2}

Nous ne sommes pas les marionnettes de notre cerveau. Ce n'est pas le cerveau qui nous commande, mais nous qui le commandons. En revanche, le contexte social et psychologique dans lequel on a grandi et où on vit peut avoir une vraie influence.

Les différentes émotions primaires³

Les émotions ont été étudiées depuis la nuit des temps. Par exemple Aristote (384-322 av. JC) a écrit un traité sur les émotions. Il distingue quatre émotions primaires : la colère, la pitié, la peur et le désir. En 1992, le spécialiste actuel des émotions, Paul Eckman, en dénombrait sept : la colère, la tristesse, la joie, la peur, le dégoût, la surprise et le dédain. Dans ces deux listes, il n'y a que deux émotions communes : la colère et la peur.⁴ Plutôt que de parler de l'ensemble des émotions, j'ai pensé plus intéressant de me focaliser sur une émotion, la colère ou la violence, et de vous parler de l'implication du cerveau dans ce type d'émotion.

¹ Neurobiologiste, professeure à l'Université François Rabelais de Tours et à l'Institut Universitaire de France, Catherine Belzung a fondé en 2000 à Tours le *Laboratoire de Psychobiologie des émotions* et dirige l'équipe de recherche INSERM 930 "*Troubles affectifs*". Son approche promeut le dialogue entre divers courants de pensée au sein même des neurosciences, et aussi avec des spécialistes d'autres disciplines, biologistes, psychiatres, philosophes, physiciens et économistes...

² Texte rédigé par *Foi et Culture Scientifique* à partir de l'enregistrement de l'exposé donné par Catherine Belzung à Gif le 6/1/2016 et des réponses qu'elle a faites aux questions des participants.

³ On appelle "*émotion primaire*", une émotion qui existerait dans toutes les cultures et que l'on partage avec le règne animal.

⁴ Il n'y a pas de consensus sur cette typologie des émotions. On pourrait citer d'autres auteurs, mais à chaque fois les deux points communs sont seulement la peur et la colère. On trouve aussi fréquemment le dégoût.

La colère

On parle beaucoup aujourd'hui de la colère. Cette émotion est partagée avec d'autres espèces. Vous pouvez voir par exemple un chat ou un serpent en colère. La colère a été étudiée scientifiquement depuis longtemps. Certains auteurs en psychologie la disent déclenchée par une frustration ou bien en réponse à une agression. On a la possibilité d'inhiber cette émotion : on peut être très en colère et se comporter de manière cordiale avec la personne qui nous a mis en colère.

Pour étudier le rôle du cerveau dans ce type d'émotion, il faut comprendre d'abord comment il est organisé.⁵ Parmi les nombreuses manières de décrire l'organisation du cerveau, j'ai choisi celle de Paul D. MacLean qui en 1990 l'a décrite en fonction de l'évolution des espèces. Comme nous avons en commun certains processus avec les animaux, on peut penser que certaines structures du cerveau nous sont également communes. Cette manière de voir va faciliter la compréhension de ce qui se passe dans le cerveau lorsqu'on est en colère.

MacLean distinguait un cerveau viscéral, *l'hypothalamus*, région profonde du cerveau (partie la plus primitive que l'on partagerait avec les reptiles)⁶, *le cerveau paléomammalien* qu'on partagerait avec des espèces plus évoluées comme les mammifères (rats, souris...) et *le néocortex* qui nous est commun avec les autres primates.

La "rage" : les expériences des années 1920

L'implication du cerveau dans la colère a été étudiée depuis assez longtemps par les neurobiologistes, notamment Philipp Bard.

Bard a travaillé sur la "rage" en faisant des expériences très rudimentaires.⁷ Il pratiquait des lésions massives et des déconnexions dans le cerveau de chats et regardait leur effet. Les chats gardaient un comportement

⁵ Pour en savoir plus sur le cerveau, consulter les pages du site canadien « *Le cerveau à tous les niveaux* » : <http://lecerveau.mcgill.ca/>

⁶ L'instinct et les fonctions de survie seraient gérées par lui : défendre son territoire, manger, se reproduire...

⁷ Expériences de Philipp Bard, 1928, 1929, 1930. On ne fait plus aujourd'hui de telles expériences sur les animaux. Dans les années 20, il n'y avait pas de Comités d'éthique pour protéger les animaux contre certaines manipulations.

normal lorsque leur hypothalamus restait relié au cortex. Mais un animal dont l'hypothalamus avait été déconnecté du cortex avait un comportement que Bard qualifiait de "rage" : l'animal bondissait dès qu'on le touchait, rugissant, hérissant le poil...

En 1934, Walter Hess utilisait des chats (avec un cerveau non lésé) dont il stimulait électriquement l'hypothalamus, grâce à une petite électrode insérée dans le cerveau et reliée à un connecteur.⁸

Plus récemment, P. K. Levison et J. P. Flynn⁹ observaient le comportement de deux chats dont l'un avait une électrode implantée dans l'hypothalamus. Lorsque qu'on stimulait électriquement ce dernier, il devenait agressif envers l'autre chat ou si on lui présentait un rat. Il redevenait calme lorsque cessait la stimulation. Le chat se comportait comme une marionnette.

Ces expériences pourraient conduire à une vision réductionniste : il suffit d'allumer ou éteindre certains neurones pour observer tel ou tel comportement. Cette vision perdue de nos jours, avec des expériences un peu plus subtiles

La régulation de la "rage"

L'hypothalamus est une structure hétérogène avec des cellules de types variés. Depuis 2010, on sait "éclairer" sélectivement certains groupes de cellules par la méthode de l'optogénétique (grâce à l'implantation d'un virus et d'une diode, on active des neurones dans le cerveau des souris en les éclairant par la lumière). On peut obtenir le même type de comportement avec une souris que précédemment avec les chats.

Une vidéo¹⁰ montre une petite souris dans une cage où l'expérimentateur a déposé un gant jetable. Quand il allume la lumière (c'est-à-dire quand il stimule photoniquement certains neurones de l'hypothalamus), la souris commence à agresser le gant ; elle cesse quand on éteint, puis si on rallume elle s'excite à nouveau au bout de quelques secondes.¹¹

⁸ Walter Hess a obtenu en 1949, le prix Nobel de physiologie ou médecine avec Egas Moniz (ce dernier a inventé la lobotomie).

⁹ *The objects attacked by cats during stimulation of the hypothalamus*, P. K. Levison, J. P. Flynn, *Animal Behaviour* Volume 13, Issues 2–3, April–July 1965, pages 217–220.

¹⁰ <http://www.nature.com/nature/journal/v470/n7333/extref/nature09736-s5.mov>

¹¹ *Augmentation de l'agressivité par stimulation lumineuse d'une aire spécifique du cerveau grâce à l'optogénétique* (<https://controversciences.org/references/2>).

Comme précédemment, on a l'impression que la souris et le chat se comportent comme des marionnettes. On en a déduit un modèle : "activer" artificiellement l'hypothalamus déclenche la "rage". Cependant Philipp Bard avait constaté un comportement de rage sans stimuler l'hypothalamus, mais dans le cas où ce dernier était déconnecté du cortex cérébral. D'où l'idée que peut-être le cortex cérébral freine la rage en temps normal. On en déduit alors un modèle plus complexe : la "rage" peut-être déclenchée soit par la stimulation de l'hypothalamus, soit par l'absence de lien avec le cortex cérébral.

Le rôle du cortex frontal dans l'inhibition de la violence

Le cortex frontal a deux fonctions : l'empathie (aptitude à s'intéresser à autrui) et l'inhibition (aptitude à freiner des comportements indésirables). On observe en effet un déficit du fonctionnement frontal et de sa connectique chez les personnes violentes.

Bien sûr, on ne va pas faire des expériences de lésions sur les humains et leur enlever des parties de cerveau. Mais, il y a quelques cas où l'on a observé des changements de comportement, la violence, l'impulsivité, *etc.*, chez des personnes qui ont perdu un morceau de cerveau suite à un accident. C'est le cas de Phinéas Gage dont le crâne est transpercé par une barre de fer¹² en 1848 alors qu'il a 25 ans. Soigné pendant de longs mois, il s'en sort sans déficit neurologique : il parle bien, n'est pas paralysé, sa démarche est assurée. Mais Gage n'est plus le même qu'avant : son humeur est changeante, il est parfois grossier, inconstant et capricieux. Son parcours devient ensuite chaotique et il meurt en 1861 dans une grande crise d'épilepsie.

On utilise aujourd'hui l'imagerie fonctionnelle pour faire des images du cerveau en activité et visualiser les régions qui, au cours d'une tâche donnée, sont moins actives chez certaines personnes que pour des personnes "normales". On a remarqué que ce n'est pas l'ensemble du cerveau qui est moins actif quand on compare celui d'un meurtrier à celui d'un sujet "normal",

Functional identification of an aggression locus in the mouse hypothalamus, Dayu L. et al., Nature 470 (10 February 2011).

¹² La barre de fer (longueur 1,1 m, diamètre 3 cm, poids 6 kg) pénètre sous la joue gauche de Phineas Gage pour ressortir par le sommet de son crâne et atterrir à une trentaine de mètres de là, recouverte de sang et de tissu cérébral.

mais des régions très précises, notamment dans le cortex frontal (la région lésée chez Phineas Gage ou déconnectée chez le chat).

On peut tester des fonctions qui font appel à cette partie du cerveau en effectuant par exemple des tests de mémoire. Les personnes violentes, chez qui cette partie est moins active, font beaucoup plus d'erreurs que les personnes qui servent de contrôle. Elles font également plus d'erreurs si on leur présente des photos de personnes dont les visages expriment des émotions, joie, étonnement, dégoût, *etc.* Si on leur demande d'identifier ces émotions, elles ont des difficultés à les reconnaître.¹³ Les criminels violents perçoivent de l'hostilité sur des visages exprimant une expression neutre, sans émotion particulière.

Des chercheurs se sont intéressés aussi à la région de l'amygdale (une structure en forme d'amande) et ont regardé l'activité du cerveau de personnes s'adonnant à des jeux violents. Ces personnes ont une suractivité de cette région en comparaison de personnes jouant des jeux non-violents.

En conclusion, la violence peut être déclenchée par l'amygdale et par l'hypothalamus. Pour ce dernier, on a constaté le rôle de régulation du cortex frontal et l'importance du lien entre ces deux régions.

Origine chromosomique : le syndrome de Jacob (XYY)

Il y a donc un déficit du fonctionnement frontal chez les personnes violentes. Mais d'où vient cette anomalie ?

La première idée qui est venue à l'esprit des scientifiques dans les années 70 était celle d'une origine génétique. Les outils de la génétique étaient assez peu élaborés alors, mais on savait faire des caryotypes.¹⁴ Il arrive que des personnes de sexe masculin aient un chromosome Y surnuméraire. ("*syndrome de Jacob*"). On a constaté que le taux des personnes en prison porteuses du syndrome Jacob était supérieur à celui de la population normale. Quelques journalistes ont alors fait des articles avec des titres à sensation du type : « *On a trouvé le chromosome du crime, c'est le chromosome Y en plus !* » On s'est

¹³ *Executive cognitive functioning and the recognition of facial expressions of emotion in incarcerated violent offenders, non-violent offenders, and controls.* Hoaken PN1, Allaby DB, Earle J. (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17683105>).

¹⁴ Nous avons 23 paires de chromosomes, 22 qu'on appelle autosomes et une paire de chromosomes sexuels (XY ou XX selon le sexe de l'individu).

rendu compte par la suite que c'était trop simpliste. En effet, les personnes avec un chromosome Y surnuméraire ont un léger retard mental et quand elles commettent des infractions elles se font plus facilement attraper.

La MAO-A, violence et environnement

Sur le chromosome X il y a des parties qui n'ont pas d'équivalent sur le chromosome Y. C'est justement sur cette partie du chromosome X que l'on trouve le gène Xp11.3 appelé gène de la MAO-A (monoamine oxydase). Les chercheurs se sont demandé si cela pouvait expliquer qu'il y a parfois plus d'agressivité chez les garçons que chez les filles. Il existe deux variantes du gène de la MAO-A. Certains d'entre vous ont l'un des variants ou l'autre, ou même les deux. Selon le variant que l'on possède, on fabrique peu ou beaucoup de MAO-A. Des chercheurs ont regardé si cela avait une influence sur la structure du cerveau dans deux régions, l'amygdale et une autre partie du cortex frontal, le cortex cingulaire. Selon le variant du gène, ils ont trouvé une différence de volume de ces régions d'environ 8 %.¹⁵ A. Caspi et ses collègues¹⁶ ont constaté qu'il y avait une différence quant au taux de violence entre les personnes selon le variant du gène qu'elles avaient.

Face à ce constat, on peut se dire que nous n'avons plus de liberté, car non seulement le cerveau fait de nous des marionnettes, mais en outre les gènes y contribuent aussi et nous sommes complètement dépendants de notre matériel génétique. Nous allons voir que ce n'est pas le cas.

Ces chercheurs se sont demandé si le comportement antisocial observé chez des personnes à l'âge adulte était corrélé au fait qu'elles possédaient le gène MAO-A muté ou qu'elles avaient subi des maltraitements pendant l'enfance. Dans la population générale, à l'âge adulte, ils ont observé que les personnes possédant le gène muté ont un comportement plus antisocial que celles ayant le gène normal, mais l'écart est faible. Puis, ils ont comparé les

¹⁵ (<http://brain.oxfordjournals.org/content/135/7/2006>) *Neural mechanisms of genetic risk for impulsivity and violence in humans*, Meyer-Lindenberg A. et al., PNAS, 2006, 103, 6269-74.

¹⁶ (<http://www.open.edu/openlearnworks/mod/page/view.php?id=45840>) Caspi A. et al. *Role of genotype in the cycle of violence in maltreated children*, Science, 2002, 297, 851-4. Dans cette étude, les chercheurs n'ont pas quantifié les protéines codées par ces gènes, mutés ou non, mais on sait que le gène muté produit plus de MAO-A.

comportements agressifs de personnes selon qu'elles ont été ou non maltraitées dans leur enfance. Lorsque les personnes n'ont pas subi de maltraitance, il n'y a pas grande différence selon qu'elles ont le gène normal ou variant, mais quand elles ont subi des maltraitements, l'écart est nettement amplifié.

Ainsi ces déterminants génétiques n'ont pas beaucoup d'effets par eux-mêmes, mais ils peuvent être exacerbés par des environnements défavorables. Le facteur génétique MAO-A ne rend pas par lui-même les personnes agressives ; c'est un facteur de vulnérabilité s'il est combiné avec d'autres choses comme la maltraitance, des stress à l'âge adulte, *etc.* Les gènes seuls ne font pas grand chose et leurs effets peuvent être modérés. Si on traite avec bienveillance une personne ayant un variant de gène défavorable, on peut annuler l'effet du gène. On peut agir même contre des déterminants génétiques terribles.

La neuro-justice

Depuis quelques années, est apparu un nouveau concept, celui de "neuro-justice". En voici deux exemples.

En juillet 2010, John McCluskey s'échappe d'une prison de l'Arizona, tue deux personnes âgées, brûle leurs corps et vole leurs biens, puis il est capturé à nouveau. Son avocat demande à des neurobiologistes d'analyser son cerveau. Ceux-ci constatent un déficit du fonctionnement du cortex frontal et que ses lobes frontaux sont petits. L'avocat plaide alors l'innocence de son client : « *Le coupable, ce n'est pas McCluskey, mais son cerveau* ». ¹⁷

En 1991, à l'âge de 25 ans, Stephen Tony Mobley entre dans un magasin et tue un homme qui était à genoux. Son avocat fait analyser les gènes de S. Mobley et plaide la prédisposition génétique comme cause de ce crime : « *Cette personne a une mutation du gène MAO-A, ce n'est pas lui le coupable mais ce gène.* » Finalement il est condamné à mort et reçoit une injection létale en 2005. Le cas a été très discuté aux États-Unis. Lui avait eu une enfance heureuse.

¹⁷ Il fut condamné à la prison à vie, échappant à la peine de mort, les 12 jurés n'étant pas unanimes sur sa culpabilité (3 s'y opposant).

Mais est-ce si simple ?

James Fallon, grand spécialiste de la psychopathie, menait des travaux de neurobiologie en faisant des études d'imagerie fonctionnelle sur des psychopathes. Un jour qu'il avait besoin de trouver des sujets "normaux" pour comparer, il a fait l'image de son cerveau. Il a alors découvert qu'il avait lui-même un cerveau de psychopathe.¹⁸ Fallon a ensuite comparé les images de son cerveau à celui des autres membres de sa famille. Lui seul avait un déficit très évident. Il avait pourtant une vie tout à fait normale. Cela prouve qu'on n'est pas forcément condamné à être violent par son cerveau ! Sinon un cas comme celui de ce chercheur ne serait pas possible.

Un autre cas, celui d'un homme adulte a été détecté dans un hôpital de Marseille. L'homme avait une vie tout à fait normale, il était employé municipal, avait une famille, *etc.* Il s'est plaint de maux de tête. L'imagerie a montré qu'il n'avait pratiquement pas de cerveau. Il avait une énorme poche d'eau au milieu de quelques tissus nerveux dans le crâne.

Conclusion

Le cerveau ne conditionne pas de manière mécanique le comportement. La violence peut être liée à certains réseaux cérébraux et à certains gènes. Mais les réseaux cérébraux en question peuvent être dysfonctionnels sans induire la violence, car nous sommes capables de contrôler nos comportements. Au final, nous sommes donc libres et responsables de nos actes.

¹⁸ <http://www.smithsonianmag.com/science-nature/the-neuroscientist-who-discovered-he-was-a-psychopath-180947814/?no-ist>

Questions et Réponses

Des questions philosophiques et de déontologie

Je ne suis pas du tout convaincu que les observations que vous avez mentionnées dans le domaine des neurosciences permettent d'affirmer que l'être humain est libre et responsable.

CB : J'ai bien sûr essayé de simplifier pour mon exposé. Je n'ai pas eu le temps aujourd'hui de développer ma démonstration. Je n'ai pu m'appuyer que sur quelques exemples. J'aurai pu en donner d'autres montrant que des personnes qui ont une structure cérébrale qui serait prédictive d'un certain type de comportement n'ont finalement pas ce comportement. Je pense qu'on peut en conclure qu'on n'est pas soumis mécaniquement à l'action de son cerveau.

Je pense que ce n'est pas une question scientifiquement démontrable, mais une position philosophique. Si c'était si simple, il n'y aurait pas cette scission profonde entre réductionnistes (une grande partie des neuroscientifiques) et non-réductionnistes.

CB : Tous les scientifiques sont méthodologiquement réductionnistes. On ne peut faire autrement que de simplifier le système pour l'étudier. Mais ce qui n'est pas fondé, c'est de déduire un réductionnisme ontologique d'un réductionnisme méthodologique. Cette erreur est fréquente parce que les scientifiques ont souvent peu d'interaction avec les philosophes. Partant de leurs expériences, les scientifiques peuvent être amenés à faire des conclusions un peu hâtives.

D'autre part, chez les neurobiologistes, il y a actuellement un courant plutôt minoritaire celui de la neurophénoménologie. Francisco Varela, décédé en 2001, en a été l'initiateur. Ces derniers s'associent avec les philosophes de la phénoménologie pour réfléchir aux protocoles expérimentaux et essayer de trouver dès le début des protocoles moins biaisés – parce que c'est souvent la manière dont on pose une question qui induit la réponse.

En tant que scientifiques, nous devons nous efforcer de dire les choses telles qu'elles sont et donner des titres honnêtes à nos articles. On peut être

tenté de simplifier le message pour avoir accès à un journal prestigieux. On est parfois responsables de certaines idées qui traînent. Il y a une éthique à respecter. Occasionnellement, il faudra en payer le prix. Je vous donne un exemple personnel. En 1995, nous travaillions sur une souris possédant un gène mutant qu'on suspectait de provoquer un comportement violent. Nous étions arrivés au stade de publier un article. Mes collègues ont proposé le titre : "le gène du récepteur 1B de la sérotonine induit la violence". Je leur ai dit que je ne pouvais pas signer cet article avec un tel titre, car ce n'est pas ce que l'on avait montré. J'ai été ôtée de la liste des auteurs et citée dans les remerciements pour des discussions fructueuses. Autre exemple : voulant faire de la com', des chercheurs ont publié dans un journal prestigieux un article disant qu'ils avaient trouvé "le gène de la violence". Leur annonce était erronée car, un peu plus tard, on a compris que ce gène provoquait chez les souris qu'ils avaient étudiées une migraine effroyable qui expliquait leur comportement agressif.

Le développement du cerveau et son fonctionnement

L'enfant à la naissance possède un grand nombre de neurones. En grandissant, il reçoit des stimuli qui provoquent la connexion de certains neurones tandis que d'autres disparaissent. Y a-t-il une corrélation entre le milieu dans lequel l'enfant grandit et le comportement de l'adulte ?

CB : Le cerveau de l'enfant est au début constitué d'une grande quantité de groupes de neurones sur-connectés (en comparaison de l'adulte). Ensuite l'enfant – comme l'animal – fait des expériences diverses, il apprend des choses dans un environnement spécifique, rencontre d'autres personnes, reçoit une éducation. Cela entraîne la sélection de certaines populations de neurones. Les neurones non utilisés, environ la moitié, disparaissent. On appelle cela "le darwinisme neuronal".

Si le sujet, au début, est dans un environnement qui le pousse à la violence, les réseaux qui vont perdurer seront ceux qui poussent à la violence. Si les expériences auxquelles la personne est confrontée favorisent la survie de groupes cellulaires favorables à la cohésion sociale ceux-là vont survivre et non les autres. Ceci est une vision un peu simpliste pour mieux me faire comprendre. Il faudrait évidemment nuancer.

On peut modeler un peu le cerveau des enfants, favoriser la survie de certains réseaux au détriment d'autres, parce qu'il y a une plasticité du cerveau très importante lors du développement de l'enfant, plasticité qui se retrouve aussi chez l'adulte mais plus atténuée. Dans certaines régions du cerveau, des neurones sont fabriqués tout au long de l'existence.

L'éducation a effectivement une grande importance et hélas aussi la proximité avec des gens violents. Le mystère du mal existe toujours.

CB : On fait souvent comme si les choses étaient mono-factorielles. Elles ne le sont pas. Par exemple, souvent les personnes qui ont été classifiées comme criminels violents ont subi des maltraitements infantiles et ont eu une expérience avec l'alcool. Ce qu'on observe dans leur cerveau, à un certain moment, peut très bien être le résultat de l'alcoolisme et de tout ce qui s'est passé avant.

Quelle est la fraction du cerveau qui est vraiment utilisée ?

CB : Nous utilisons vraiment tout notre cerveau. On entend énormément de bêtises à ce sujet, par exemple que nous utilisons seulement 10 à 15 % de notre cerveau, c'est faux. Le cerveau, c'est différents réseaux, différents groupes de neurones qui ont un fonctionnement dynamique. On avait jusqu'à présent la vision qu'on pouvait subdiviser le cerveau entre diverses parties, l'une fonctionnant tandis que les autres ne faisaient rien. On pense aujourd'hui qu'il y a des groupes de cellules, des réseaux qui coopèrent pour faire une tâche donnée. On peut distinguer 120 régions dans le cerveau. Par exemple les régions 1, 17, 28 et 53 vont se mettre ensemble pour une première tâche, puis peut-être coopérer avec d'autres régions pour faire autre chose. La tâche faite, un autre réseau qui se base sur plusieurs groupes de cellules va être recruté pour une autre tâche. Nous utilisons en permanence notre cerveau. Même au repos, quand nous avons l'impression de ne rien faire ou de rêvasser certains réseaux de notre cerveau sont actifs, notre encéphalogramme n'est pas plat.

Les émotions fondamentales

Les sept émotions fondamentales correspondent-elles à des états distincts de l'activité du cerveau ?

CB : Les émotions ont un certain nombre de points communs, comme par exemple la modification de l'état psychologique corporel. Au niveau cérébral, il y a des activations de régions qui vont être communes à toutes les émotions : la région qui permet la représentation du corps, celle qui permet de ressentir l'émotion sans la traduire en actes, celle qui permet de donner une coloration émotionnelle, une autre qui permet de donner une idée de l'intensité de l'émotion. Tous ces réseaux activés vont peut-être coopérer ensuite avec des régions distinctes, mais il y a toujours un point de base commun. On ne va pas avoir des activités complètement dissociées entre les sept émotions.

Peut-on catégoriser les émotions agréables et désagréables par leur substrat au niveau fonctionnel ?

CB : Le modèle de Lang dit qu'on peut séparer les émotions selon deux critères : leur côté plaisant ou déplaisant et leur côté intense ou modéré. Des travaux de neuroscience intéressés par cette typologie ont montré qu'il y a des régions cérébrales répondant à l'intensité de l'émotion et d'autres qui répondent à sa valence agréable/désagréable, quelle que soit l'émotion.

Le diagnostic des maladies psychiatriques, par exemple la schizophrénie et surtout l'autisme, est très difficile et sa caractérisation est sujette à des variations (cf. les évolutions du "Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux"). Il est raisonnable d'espérer que l'imagerie permette de rendre plus objectif le diagnostic de ces maladies. Mais jusque là, l'imagerie cérébrale n'a pas répondu à cette attente.

CB : La tentation actuelle en psychiatrie est de se fonder sur l'activité cérébrale pour aboutir à une psychologie. Je ne pense pas qu'à elle seule l'imagerie cérébrale puisse permettre de faire une classification, il faut l'associer à d'autres choses.

Émotion et raison

J'ai lu que lorsqu'on est soumis à une émotion intense, le cortex est déconnecté et l'on n'a plus accès à la réflexion, au raisonnement. Dans une situation de dispute grave entre les personnes, qui met en jeu de la colère, de l'agressivité, etc., on n'est plus capable de comprendre le raisonnement, le fonctionnement de l'autre. Est-ce exact ?

CB : On entre dans la thématique entre émotion et raison, en vogue ces dernières années. Il y a aussi influence de la littérature : « *Le cœur a ses raisons, que la raison ne connaît pas* » avec cette idée que quand il y a beaucoup d'émotion, il n'y a plus de raison et réciproquement. C'est un peu le modèle dans lequel on était jusqu'à ces dix dernières années. Récemment, Damasio aux États-Unis a mené des expériences qui ont montré l'inverse : quand des personnes n'avaient plus accès à leurs émotions, elles prenaient des décisions déraisonnables. Quel en est le mécanisme ? Avant de prendre une décision déraisonnable, une personne normale a comme un petit pincement au cœur, quelque chose qui lui dit « *Ne vas pas par là* », par exemple une petite accélération du rythme cardiaque, une petite angoisse. Cette micro-émotion nous empêche de faire des choses déraisonnables. Nous percevons les modifications de notre corps, de l'intestin, *etc.*, nous avons une cartographie de l'état de nos viscères qui nous indique l'état émotionnel. En permanence nous sommes capables de nous baser sur notre corps pour connaître nos émotions. Damasio avait des patients qui avaient une lésion dans la petite région du cerveau qui permet la représentation de notre état viscéral, de notre état corporel. Ces personnes ne sont pas capables de sentir le trouble de leur corps, ni de connaître leurs émotions. Ne pouvant avoir accès à ces connaissances, ces personnes prennent de mauvaises décisions. Cela montre qu'il y a vraiment un lien entre émotion et raison, que sans émotion on ne peut pas prendre de décision raisonnable. La raison s'appuie sur nos émotions et sur notre corps. Les livres de Damasio sont faciles d'accès et bien vulgarisés.

Spinoza, dans le "Traité Politique", analyse le comportement de l'être humain dans la société à laquelle il appartient. Il y a un équilibre à trouver entre la raison d'un côté et les affects de l'autre. Cet équilibre dépend de la façon dont la société est organisée et pas seulement de la géomorphologie neuronale.

CB : Damasio dans son livre sur Spinoza¹⁹ se fonde sur les travaux dont j'ai parlé sur la représentation du corps.

¹⁹ *Spinoza avait raison. Le cerveau de la tristesse, de la joie et des émotions*, Antonio R. Damasio, Odile Jacob, 2003.

La violence et le cerveau

Y a-t-il des facteurs qui régulent la violence ?

CB : Il y a pas mal de facteurs protecteurs qui sont fournis par l'éducation, dont le sens du soi. Favoriser certaines valeurs – des valeurs liées à une religion ou simplement l'éducation à aller vers l'autre, *etc.* – va protéger d'aller vers certaines conduites violentes quand les personnes seront adultes et exposées à des situations extrêmes.

Dans le domaine moléculaire, la difficulté est d'être spécifique. Par exemple, en psychiatrie on va donner à une personne qui a une conduite extrêmement violente un produit qui va l'inhiber complètement en l'assommant. Cela peut-être utile dans une situation de crise de disposer d'outils pour calmer la personne et éviter qu'elle soit dangereuse pour elle-même et les autres. Le problème est la spécificité, on ne sait pas bloquer subtilement quelque chose.

L'imagerie médicale IRM montre qu'une angoisse ou un traumatisme laisse des traces dans le cerveau.

CB : Quand une personne est exposée à un traumatisme, il y a une libération d'hormones du stress qui sont neurotoxiques : elles détruisent certaines populations neuronales particulièrement sensibles. Cela entraîne aussi des modifications de gènes dans les cellules du cerveau et du foie. Ce qui a beaucoup surpris est que ces modifications de l'expression des gènes se trouvent aussi dans les spermatozoïdes de cette personne. Elle va donc transmettre ces modifications à la génération suivante. On s'est rendu compte que les enfants de victimes de camps de concentration avaient une vulnérabilité particulière. Des expériences absolument fabuleuses ont été menées ces dernières années sur des souris en leur faisant subir des traumatismes. Ainsi, si on présente un chat à une souris (en évitant qu'il y ait une blessure physique), on constate que sa descendance a une super sensibilité au stress sur quatre générations.

Les études du Dr Salmona rapportent que, par exemple dans des cas de viol, la personne est soudain déconnectée d'elle-même et disjoncte. Souvent ces personnes racontent qu'elles étaient là et pas là comme si elles étaient hors de leur corps.

CB : Dans des situations émotionnellement extrêmes où leur vie est directement menacée, les personnes se souviennent de certains détails, par exemple des yeux de leur agresseur ou de son couteau, mais n'ont aucun souvenir de la couleur de son manteau ou même de la pièce où l'agression s'est déroulée. Il y a une sorte d'hypermnésie/amnésie du souvenir à un point tel que ce que rapportent ces personnes n'est pas crédible. Elles peuvent même raconter l'agression de manière erronée. Un travail est fait actuellement pour expliquer aux policiers et aux juges comment se constitue le souvenir d'une personne qui a subi ce genre d'agression.

Les recherches sur la dépression

Pouvez-vous nous en dire un peu plus sur vos travaux sur la dépression ?

CB : Le problème actuellement est que la moitié environ des personnes traitées pour une dépression ne réagissent pas à leur traitement. Certaines personnes essaient un traitement, puis un second quand cela ne marche pas, puis un troisième... Chaque parcours dure six mois et quelques personnes en arrivent au suicide. Nous nous sommes intéressés aux mécanismes permettant de prédire l'inefficacité du traitement et essayons de trouver des prédicteurs de bons traitements.

Wittgenstein disait que les mots peuvent être des pièges. À la fin du 19^e siècle, on considérait que la fièvre était une maladie ; il a fallu reconnaître que telle fièvre est due à tel virus ou telle bactérie, pour traiter pour ce virus ou cette bactérie. Le mot "dépression" est peut-être également un piège. Si on identifiait les divers types de dépression, on pourrait proposer une prise en charge plus adaptée correspondant au processus déficitaire chez le patient traité. Certaines dépressions sont dues à une inflammation cérébrale et relèvent d'anti-inflammatoires, d'autres correspondent à un déficit de sensorialité, qu'il faut compenser par une éducation à la sensorialité, d'autres sont carrément dues à des dysfonctionnements de certaines régions cérébrales, et là il faut les stimuler. Nous essayons de trouver de nouveaux traitements. Pour répondre à ce défi, nous avons une équipe comportant des philosophes (qui nous permettent de choisir les bons termes, distinguer un concept d'un autre qui lui est voisin) mais aussi des physiciens (pour mettre au point des techniques de neuromodulation, par exemple).

Avez-vous entendu parler d'une recherche de thérapie de la dépression basée sur l'acupuncture ?

CB : Il y a un lien entre dépression et douleur physique. Pour la douleur, il existe une composante physique, elle permet de savoir où l'on a mal, et une composante affective car la douleur physique est désagréable. La région du cerveau qui est impliquée dans cette émotion est aussi très importante pour la dépression. On peut donc penser que si l'acupuncture est efficace pour traiter la douleur physique, en réduisant peut-être l'activité de cette région du cerveau, elle pourrait avoir une action pour traiter la dépression. Je ne sais pas s'il y a des travaux dans ce sens.

Le deuxième cerveau

Certains disent que notre deuxième cerveau qui part de nos tripes est aussi relié à nos émotions et nous permet d'entrer en relation avec notre environnement.

CB : Dans les dix dernières années, des travaux ont porté non seulement sur l'intestin, mais aussi sur le milieu intestinal où il y a une diversité fabuleuse de micro-organismes, plus importante que dans le reste de notre corps. On a constaté que lorsque la diversité de la population microbienne de l'intestin se rétrécissait, les personnes avaient des problèmes intestinaux et souvent développaient une dépression. Un neurobiologiste irlandais, John Cryan, a transporté la matière fécale d'une souris saine dans une autre en "dépression" pour la soigner en augmentant la diversité microbienne de son intestin. Il s'est aperçu que si on coupe le nerf vague qui permet la communication entre l'intestin et le cerveau, on perd cet effet bénéfique.

Les sources de diversification du milieu intestinal sont nombreuses, il y a bien sûr l'alimentation, mais aussi le fait de fréquenter des milieux sociaux très différents et de voyager. Le contact induit un genre de brassage qui va augmenter la diversité de la flore intestinale. Les voyages favorisent la santé en général, et la santé mentale en particulier.

Le "Human brain project"

Que pensez-vous du projet européen "Human brain project" ?

CB : Actuellement les connaissances sur le cerveau sont très fragmentaires. L'idée est de mieux le comprendre en ayant une connaissance beaucoup plus fine et détaillée du cerveau millimètre cube par millimètre cube.

Bertrand Thirion ²⁰ complète ces informations : Le "Human Brain Project" est à la base un projet d'informatique (ICT : Information and Communication Technology). L'idée est la suivante : il s'agit de réaliser des observations microscopiques sur des tissus de cerveau, par exemple de petits volumes de cerveaux de rats, pour en étudier la composition cellulaire, la densité de neurotransmetteurs, *etc.* et obtenir des résumés statistiques qui permettront de simuler "un cerveau humain" à grande échelle. Sachant qu'on ne pourra jamais observer cent milliards de neurones qui interagissent, il est de toute façon nécessaire de recourir à la simulation pour modéliser le cerveau. On essaiera peu à peu de mettre au point des simulations réalistes de ce qu'est un cerveau humain, sachant par ailleurs qu'il n'y a pas de cerveau humain prototypique...

Les programmes de simulation du cerveau aux USA et en Europe sont dotés de plus d'un milliard de dollars ou d'euros chacun. Mais le cerveau est beaucoup trop compliqué pour être bien modélisé !

Bertrand Thirion : On sait qu'on n'arrivera pas à simuler un cerveau humain réaliste, mais on espère pouvoir franchir plusieurs étapes importantes. Il y aura des résultats inattendus qui en ressortiront. Déjà, on a commencé à voir que les statistiques de densités de différents types de neurones qui proviennent de différents tissus de cerveau sont différentes à travers les espèces : par exemple, elles ne sont pas les mêmes chez l'homme que chez le rat. Et encore, chez l'homme, les observations disponibles proviennent souvent de tissus épileptogènes, qui sont probablement différents de tissus sains. Quoi qu'il en soit, on est en train d'apprendre des choses sur l'architecture du cerveau. On échouera à simuler un cerveau, mais on aura appris plein de choses en échouant.

Nous sommes tous une mosaïque.

CB : Un article²¹ très intéressant est paru en décembre sur la différence entre cerveaux masculins et féminins. Les auteurs ont comparé pour 1400

²⁰ Responsable de PARIETAL une équipe de recherche INRIA intégrée au sein de la plateforme NEUROSPIN du CEA de Saclay.

personnes les tailles des 116 régions du cerveau. Puis ils se sont demandé combien de personnes parmi ces 1400 ont la caractéristique qui correspond globalement à un cerveau masculin. Ils en ont trouvé une ou deux. Et de même pour le cerveau féminin. En ce qui concerne le cerveau, tout le monde était une mosaïque. Si on comparait de même manière les cerveaux d'une personne qui a plus tendance à la violence qu'une autre, on trouverait la même chose le plus souvent : même si on a la région A qui porterait à la violence, on a peut-être la région B qui porterait à l'inverse.

Nous sommes tous une mosaïque. Ceci explique aussi qu'on ne peut pas dire, sauf cas exceptionnel, qu'il y a telle activité cérébrale, tel génotype qui mécaniquement entraînerait tel comportement.

Deux ouvrages de Catherine Belzung pour aller plus loin :

Biologie des émotions, Éditions De Boeck Supérieur, Coll. Neurosciences & cognition, 2007, 484 pages.

Neurobiologie des émotions en 40 pages, Éditions UPR, 2015 (ebook).

²¹ *Sex beyond the genitalia: The human brain mosaic*, Daphna Joel et al., PNAS, December 15, 2015, vol. 112 N° 50.

Mieux comprendre le fonctionnement du cerveau

Caroline Huron ^{1,2}

Comment fonctionne le cerveau et quelles sont ses limites ? Nos connaissances sur le fonctionnement du cerveau aident à mieux comprendre les enfants qui présentent des troubles des apprentissages et à contourner les difficultés. Elles permettent d'aider tous les enfants (et peut-être même les adultes) à apprendre.

De nombreuses idées fausses circulent

On a un problème avec les sciences du cerveau non seulement en France, mais aussi aux États-Unis, car le fonctionnement cérébral est très mal connu.³ Voici quelques années des psychologues avaient fait une étude en interrogeant 2000 personnes. La majorité d'entre elles avaient nombre d'idées erronées.

Voici, entre guillemets, quelques exemples de ces idées fausses.

- *"La mémoire fonctionne comme une photocopieuse."*

Non, la mémoire est une représentation construite et n'a rien à voir avec une reproduction fidèle à la réalité. Des personnes ayant vu la même scène vous raconteront des choses différentes et un mois après d'autres souvenirs.

¹ Psychiatre, chercheuse à l'INSERM en sciences cognitives dans le laboratoire de Stanislas Dehaene. Caroline Huron utilise les méthodes issues de la psychologie cognitive et de la neuroimagerie pour mieux comprendre le fonctionnement cérébral des enfants dyspraxiques (trouble de la coordination motrice). Elle a publié *L'enfant dyspraxique : Mieux l'aider, à la maison et à l'école*, Éd. Odile Jacob, 2011.

² Texte rédigé par *Foi et Culture Scientifique* à partir de l'enregistrement de l'exposé donné par Caroline Huron à Gif le 15/05/2013 et des réponses qu'elle a faites aux questions des participants. Pour recevoir le texte complet du compte rendu de cette soirée, écrire à 91afcs@orange.fr.

³ NDLR : On peut consulter avec profit le site interactif canadien « *Le cerveau à tous les niveaux !* » : lecerveau.mcgill.ca/

▪ *"Le cerveau est un tout. Certains sont intelligents car ils ont un fonctionnement cérébral efficient. D'autres dont le fonctionnement cérébral est peu efficient sont peu intelligents."*

Avec cette idée, il est très difficile pour certaines personnes de comprendre qu'un enfant soit très vif à l'oral, parfaitement capable de résoudre des questions conceptuelles d'un haut niveau et incapable de lire une phrase complète parce qu'il est dyslexique, alors qu'il a déjà dix ans.

Le cerveau n'est absolument pas un tout, mais une mosaïque de régions cérébrales qui peuvent être utilisées pour faire des tâches différentes. L'étude en IRM fonctionnelle⁴ montre par exemple que des stimuli visuels comme des photos d'objets différents – meubles, visages, maisons, des mots – activent chacune une région différente du cerveau.

Chez des enfants qui ont appris à lire, on peut voir une activation lorsqu'on leur présente des mots, qui n'existait pas quand ils étaient non lecteurs.⁵ Comme le cerveau est plastique, il est possible de modifier l'activation de certaines régions cérébrales, en particulier avec l'éducation. En comparant une IRM faite au moment d'une lésion cérébrale – par exemple un accident vasculaire cérébral (AVC) – et deux années plus tard, on voit que le cerveau s'est réorganisé pour essayer de compenser le déficit induit par la lésion. Parce qu'il y a ces régions hyper spécialisées, il peut y avoir une hétérogénéité dans les fonctions cognitives préservées ou pas en fonction des anomalies qui peuvent exister. Suite à une lésion cérébrale, on peut perdre certaines fonctions cognitives et conserver parfaitement les autres : par exemple, être incapable de produire des mots mais rester capable de lire et de conceptualiser par écrit.

▪ *"Le cerveau peut faire deux choses en même temps."*

Je vous montre une vidéo : deux équipes jouent au basket, l'une avec des tee-shirts blancs, l'autre avec des noirs ; vous devez compter les passes de

⁴ Imagerie par résonance magnétique fonctionnelle.

⁵ Karla Monzalvo, Ghislaine Dehaene-Lambertz, *How reading acquisition changes children's spoken language network*, *Brain & Language*, 127 (2013) 356–365. Cette étude montre que l'activation au mot n'est pas la même chez des enfants lecteurs de 9 ans et des enfants dyslexiques (c'est-à-dire qui ont des difficultés à lire) du même âge, ceci laisse penser pour ces derniers à un dysfonctionnement de la région du cerveau concernée.

ballons des joueurs avec tee-shirts blancs.⁶ (*Plusieurs personnes en comptent 14.*) Maintenant ne comptez plus les passes et regardez à nouveau sans compter. Aviez-vous vu le gorille traversant l'espace de jeu entre les basketteurs ? (*Plusieurs répondent non.*)

Vous pouvez faire deux choses en même temps, si l'une des tâches ne requiert pas votre attention, par exemple marcher et parler en même temps. Si les deux requièrent votre attention, votre cerveau ne travaille pas en parallèle mais en série, il fait une tâche et ensuite l'autre. Je vous demandais de focaliser votre attention sur une tâche donnée. Votre cerveau a peut-être perçu le gorille, mais cela n'est pas arrivé à votre conscience. Vous pouvez ne pas l'avoir vu.

On appelle cela la « *cécité attentionnelle* », c'est une contrainte biologique du cerveau à laquelle nous sommes tous soumis. Quelle que soit notre capacité intellectuelle, notre capacité à travailler de manière concentrée, on ne peut pas éviter cette contrainte. Ainsi quand, au début d'un cours, les enfants sont en train de sortir les affaires de leur cartable, si l'enseignant leur donne des consignes, un certain nombre vont les rater. Ils sont tellement occupés à trouver le bon classeur qu'ils n'ont pas entendu les consignes, de même que vous n'avez pas vu le gorille.

Cela se complique chez tous les enfants dyspraxiques qui doivent prêter attention à tous leurs gestes. Si l'enseignant est en train de dire : « *les enfants mettez vos manteaux, puis allez chercher votre cartable, je vous attends à l'extérieur* », le petit dyspraxique va mettre beaucoup plus de temps que les autres ; quand il arrive au préau, il n'a plus aucune idée de ce qu'a dit la maîtresse. Cela entraîne de grands malentendus : la maîtresse va dire aux parents « *Il n'écoute jamais ce qu'on lui dit* ». En fait, il écoute, mais quand il est en train de faire quelque chose qui lui demande de l'attention, il n'entend et ne voit rien de ce qui se passe autour.

En situation de ce qu'on appelle « *double tâche cognitive* », on est toujours moins performant. Les tout jeunes enfants en train d'apprendre à écrire au CP sont capables de raconter une histoire, mais incapables de traduire sur le papier les idées qui traversent leur tête, car beaucoup trop focalisés sur le fait d'écrire les lettres. Pour l'écriture, l'un des objectifs de l'école primaire est d'automatiser le geste écrit pour que les enfants puissent parvenir petit à petit à faire des tâches conceptuelles plus élevées tout en écrivant. Chaque fois que

⁶ viscog.beckman.illinois.edu/grafs/demos/15.htm

vous apprenez une nouvelle tâche à un enfant, vous le mettez dans une situation qui requiert toute son attention, il ne faut pas le mettre en double tâche. Il faudra qu'il puisse les apprendre l'une après l'autre. Quand les concepts seront plus fluides et plus automatisés, il pourra gérer en même temps les deux tâches.

▪ *"Les ressources cérébrales sont illimitées."*

Je vais vous présenter des chiffres que vous allez essayer de retenir. (*Sur l'écran défilent rapidement et successivement les chiffres 6, 2, 7, 1, 8, 3, 5. Plusieurs personnes les répètent ensuite correctement.*) On refait la même chose, mais en même temps vous allez répéter à haute voix blablabla. (*Les chiffres défilent : 3, 2, 9, 6, 8, 1, 5. Deux ou trois sur les sept sont répétés exactement.*)

Lors de la première tâche, même si vous n'en êtes pas conscients, vous avez rentré au fur et à mesure les chiffres et vous vous les êtes auto-répétés dans votre tête. Cela vous a permis ensuite de les redire. Je vous ai fait utiliser un système cérébral qu'on appelle « *la boucle phonologique* » qui correspond à une partie de la mémoire de travail. En vous faisant répéter blablabla, je vous ai fait saturer cette boucle phonologique et vous ai empêchés de rentrer de nouvelles informations. Vous avez diminué ce qu'on appelle « *l'empan* », c'est-à-dire le nombre de chiffres que vous êtes capables de vous rappeler.⁷ Cet empan diminue considérablement si vous saturez la boucle phonologique.

La plupart des systèmes cérébraux – en particulier *le système cérébral attentionnel* – ont des ressources limitées. Le seul pour lequel on ne connaît pas la limite est la mémoire à long terme. On ne sait pas s'il y a une limite au nombre d'informations qu'on peut engranger pendant des années ; par contre pour tous les systèmes de mémoires très courtes et surtout pour le système attentionnel on est sûr qu'il y a une limite. Si votre voisin vous parle en même temps que moi, même si vous essayez de répartir votre attention entre votre voisin et ce que je vous dis, vous allez perdre une partie des informations.

Tous les enfants qui ont un problème de dyslexie ou un problème de dyspraxie doivent mettre beaucoup d'attention pour décoder les mots ; pour

⁷ Chaque personne a un empan de chiffres plus ou moins compris entre 5 ± 2 chiffres (quand il faut les restituer à l'endroit). Pour le N° de téléphone, on mémorise plus d'items en les regroupant. Les joueurs d'échecs ont des stratégies pour regrouper, ce qui leur permet de mémoriser un grand nombre de déplacements.

vous, c'est automatique, vous ne vous demandez plus si « d » et « e » cela fait « de ». Quand on n'a pas automatisé cela et qu'on est obligé d'y mettre une partie de son attention, on a moins de ressources attentionnelles pour comprendre ce qu'on est en train de lire. Si par exemple vous voulez savoir si les enfants dyslexiques sont capables de faire des mathématiques et de comprendre un énoncé, il faut leur lire cet énoncé.

▪ *"L'unique effort qui existe est l'effort physique."*

Si vous devez absolument faire 100 km en vélo, parce que c'est une question de vie ou de mort, vous irez au bout de vos forces et vous le ferez. Par contre le lendemain, si vous n'êtes pas un sportif avéré, vous ne pourrez pas remonter sur le vélo, ni même peut-être sortir de votre lit parce que l'effort physique a été trop important.

Je vais vous montrer maintenant ce qui se passe avec le cerveau au niveau de l'effort cognitif. (*Caroline Huron affiche une série de traits de couleur alignés.*) Dites le plus rapidement possible le nom de la couleur. (*On s'exécute. Puis elle nous invite à un autre exercice : sont alignés une série de noms de couleur colorés arbitrairement, par exemple le nom ROUGE est en vert, BLEU en rouge, etc.*) Maintenant, dites le nom de la couleur que vous voyez et non pas le nom écrit.

Dans la première condition vous êtes assez rapides. Dans la seconde, vous êtes plus lents et vous faites plus d'erreurs, car vous êtes en situation d'effort cognitif : il y a spontanément une activation du mot que vous êtes obligés d'inhiber pour donner la couleur ; vous êtes obligés de faire attention, cela est source d'erreurs et cela fatigue. Vous ne pouvez pas tenir une situation d'effort cognitif à l'infini.

Quand les enfants sont en train d'apprendre, il y a tout un tas de situations d'efforts cognitifs, car la tâche est nouvelle. C'est particulièrement le cas des enfants dyslexiques et dyspraxiques. Un enfant dyspraxique a besoin de mettre toute son attention sur le geste écrit, il est en situation d'effort cognitif dès qu'il écrit ; il est plus lent et fait des erreurs. Ces enfants ont alors l'orthographe quasiment phonétique. Mais quand vous les interrogez à l'oral, ils épellent les mots parfaitement car alors ils ne sont plus en situation d'effort cognitif, en situation de double tâche.

La dyspraxie

Dans la littérature internationale on qualifie la « *dyspraxie* » comme « un trouble de la coordination motrice d'origine développementale » On la connaît très mal, beaucoup moins bien que la dyslexie. Cela concerne des enfants qui ont des performances inférieures à celles attendues, pour un enfant du même âge et de même intelligence, dans les activités de tous les jours qui requièrent une coordination motrice. Cette perturbation de la coordination motrice a un impact sur la vie quotidienne et les performances scolaires.⁸

Caractéristiques

« *D'origine développementale* » signifie que c'est en l'absence de pathologie organique associée ; ce n'est pas dû à une lésion cérébrale. Mais on peut aussi avoir un trouble de la coordination motrice et une lésion cérébrale. Il y a beaucoup d'enfants qui ont des insuffisances motrices dues à une lésion cérébrale et donc une dyspraxie, le plus souvent apparue dès la naissance. Ce trouble est aussi fréquent que la dyslexie, 5 %, potentiellement un enfant par classe ! Il y a des études de prévalence⁹ aux États-Unis, à Taïwan et en Angleterre, mais pas encore en France. On n'a pas de raisons de penser qu'il y a des différences de prévalence entre les pays. Pour que l'on parle de dyspraxie, il faut aussi qu'il y ait un impact sur la vie quotidienne et scolaire. Dans la plupart des cas cela n'a pas été étudié.

La question se pose : « *Est-ce que cela reste à l'âge adulte ?* ». On avait pensé que la dyspraxie disparaissait à l'âge adulte parce que les normes d'échelles sont différentes chez l'enfant et chez l'adulte. Il faut toujours faire attention à l'outil de mesure qu'on utilise. Les enfants dyspraxiques apprennent au fur et à mesure à coordonner leurs gestes : un enfant

⁸ Il y a des familles avec plusieurs personnes dyspraxiques. Dans la dyslexie, des gènes ont été mis en cause. Pour la dyspraxie, on est sûr que ce n'est pas une transmission génétique simple ; on n'a pas de modèles génétiques de transmission comme par exemple pour les daltoniens.

⁹ Par exemple dans une étude de prévalence, on extrait un échantillon de la population censé être représentatif de la population générale des enfants de 6 à 12 ans. Puis on regarde chez tous ces enfants s'il existe ou non une anomalie, en utilisant une échelle de la coordination motrice. On obtient une courbe de Gauss, comme pour toutes les variables biologiques. On décide qu'en dessous d'un seuil donné – en général 5 % – c'est pathologique.

dyspraxique de six ans ne sait pas nouer ses lacets, mais un adulte dyspraxique de vingt ans sait le faire. Si vous prenez la même échelle, vous trouvez que les comportements sont normaux dans le dernier cas. En utilisant des échelles construites pour les adultes dyspraxiques, on s'est rendu compte que les enfants dyspraxiques devenus adultes gardaient des différences par rapport aux adultes sans trouble de la coordination.

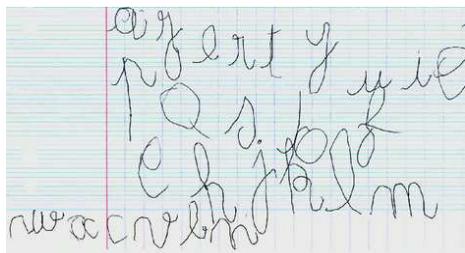
Ces troubles sont fréquemment associés à d'autres troubles des apprentissages, et malheureusement on peut être dyspraxique et dyslexique, dyspraxique avec un trouble de l'attention, dyspraxique et dysphasique – c'est-à-dire avec un trouble de la parole (qui est encore plus embêtant).

On retrouve aussi une association fréquente de la dyspraxie avec la précocité. Il faut faire attention avec les enfants précoces, car ils ont une capacité à trouver des moyens de contourner leur déficit de façon particulièrement pertinente. On les repère plus difficilement et plus tardivement : par exemple, on les voit s'effondrer en sixième au moment où la quantité d'écriture devient tellement importante que, même avec leurs capacités cognitives plus élevées que les autres, il n'y arrivent plus.

L'écriture manuscrite

L'écriture demande une grande coordination motrice. Ce n'est plus trop le cas en Amérique, mais en France l'écriture manuscrite a une place majeure. Nos enfants passent 60 % de leur temps à écrire manuellement, ce n'est plus le cas des adultes. Si je rends mon rapport à l'INSERM sous forme manuscrite, on va me demander si je suis tombé sur la tête – et de toute façon ce n'est plus possible, car il faut le rentrer dans le formulaire informatisé. Nous les adultes, et en tout cas dans les laboratoires de recherche, on n'écrit plus à la main. Pourtant à l'école, l'outil écriture reste majoritairement.

Il y a actuellement un débat dans la presse : des États américains ont décidé de supprimer l'écriture manuscrite à l'école pour la remplacer par l'écriture à l'ordinateur. C'est aussi un problème, parce que l'on pense que le geste écrit chez l'enfant « lambda » va favoriser par exemple l'apprentissage de la lecture – et cela semble démontré. Mais supprimer totalement cet apprentissage de l'écriture va créer un problème pour la construction des connaissances de lecture. Pour les enfants dyspraxiques, on pourrait par contre imaginer un outil d'écriture qui ne soit pas manuscrit.



Ci-contre vous voyez des lettres écrites par une petite fille en fin de CP : son « a » est sur un carreau entier, le « q » sur deux carreaux ; il y a des lettres en miroir, le « d » est à l'envers. C'est typique des enfants quand ils commencent à écrire : c'est

normal, et cela va disparaître quand l'enfant va apprendre à lire et qu'il aura compris que « b » c'est « bé » et « d » cela fait « dé ». L'enfant dyspraxique lui lira très bien, mais continuera à écrire des lettres en miroir.

Cette petite fille a une autre caractéristique, elle écrit n'importe où dans la feuille. Les enfants de grande section de maternelle vont écrire de même n'importe où, à l'envers, ou de bas en haut, *etc.* Mais quand ils rentrent en CP et commencent à apprendre à lire, ils écrivent bien de gauche à droite systématiquement, et dans la mesure du possible dans les lignes.

Avec Édouard Gentaz et Caroline Jolly à Grenoble, nous avons comparé cette petite fille à un groupe d'enfants : on a dicté des lettres aux enfants et avec une tablette numérique on a enregistré un certain nombre de paramètres, comme le nombre de moments où l'enfant s'arrête, le nombre de moments où il fait des mouvements lents, le nombre de moments où il fait des pics de vitesse, le nombre de pauses, la durée du crayon en l'air et la distance parcourue.¹⁰

Quand vous apprenez à écrire, vous avez des accélérations, des pauses, *etc.*, puis au fur et à mesure que vous automatisez vos mouvements deviennent plus réguliers. Chez les enfants « lambda » de Grande Section de Maternelle, on observe que les moments statiques, le nombre de pics de vitesse ou de pauses, *etc.*, diminuent avec le temps. Ces facteurs sont des facteurs d'automatisation. Ce n'est pas le cas chez la petite fille dyspraxique, sauf pour la durée du crayon en l'air. Dans le meilleur des cas la petite fille a le niveau des CP et parfois reste au niveau des grandes sections de maternelle.

Tout le monde a l'idée que lorsque l'on n'arrive pas à quelque chose il faut s'entraîner et qu'on va y arriver et surtout les enseignants car c'est leur

¹⁰ *A one-year survey of cursive letter handwriting in a French second-grade child with Developmental Coordination Disorder*, Caroline Jolly, Caroline Huron, Edouard Gentaz, *L'Année psychologique*, 114, Issue 03, September 2014, pp 421-445.

métier d'apprendre à écrire aux enfants. Malheureusement quand il y a un dysfonctionnement cérébral, l'entraînement ne fonctionne pas nécessairement. La question se pose pour ces enfants : « *Faut-il passer des heures et des heures à les entraîner ?* » – cela a été le cas de cette fillette qui a subi une rééducation comme tous les enfants dyspraxiques au moment de la Grande Section et du CP. Ces enfants ont des séances de rééducation avec des ergothérapeutes deux fois par semaine et de plus ils vont à l'école et sont exposés comme les autres à l'écrit. Mais leur écriture reste déficitaire, et même si on arrive de temps en temps à améliorer leurs performances, ils ne rejoignent jamais la performance des autres.

Finalement il faut se poser la question : « *À quoi sert l'écriture ?* » Pourquoi apprend-on à écrire aux enfants ? Est-ce que faire des lettres est un but en soi ou a-t-on d'autres buts ? Laisser une trace, pouvoir exprimer ses idées en langage écrit et qui reste ?

L'enfant dyspraxique ne peut acquérir aucune compétence en écrivant, il ne comprend pas ce qu'il écrit, il est très lent, fait de multiples erreurs et s'épuise. La question pour les enfants dyspraxiques est : « *Que veut-on qu'ils fassent à l'école ?* » Apprendre à tracer des lettres – il n'est pas sûr qu'ils y arriveront – ou apprendre toutes les notions conceptuelles qu'on va transmettre aux autres enfants du CP ?

Les gestes de la vie quotidienne

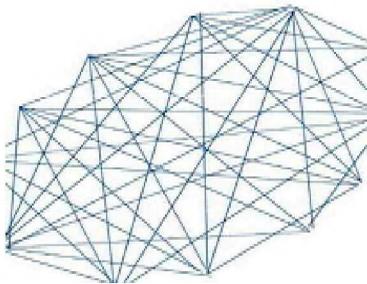
Je vous ai parlé de l'écriture car c'est le problème majeur pour ces enfants à l'école. Ces enfants sont aussi gênés pour tous les gestes qui requièrent de la coordination. On n'imagine pas le nombre de ces gestes que l'on fait dans une journée. Dès qu'on se lève, on enchaîne des coordinations. Il faut ouvrir la porte, arriver au bon endroit de la porte coordonner nos yeux et le geste, réajuster notre trajectoire – ce que ne vont pas faire les enfants dyspraxiques, si on leur laisse la porte ouverte, ils vont prendre le chambranle. Il faut être capable de préparer ses aliments, manger, *etc.*, tout cela nécessite de la coordination. Ces enfants, vont mettre toute la bouteille de lait dans le verre, ils démarrent leur geste, se disent « *ça y est le verre est plein* », mais le temps que l'information arrive jusqu'à leur main, ils n'ont pas relevé la bouteille, et il y a toute la bouteille dans le verre. Ces enfants sont très maladroits et vont avoir des difficultés avec tous les apprentissages, vélo, natation... et avec les vêtements, car mettre des boutons, faire ses lacets, nécessite une coordination très fine.

La question des trajectoires est aussi très problématique, car c'est quelque chose que vous reliez en permanence en ligne. Il y a plein de problèmes dans les cours de récréation. Les enfants sont toujours en train de se croiser en courant et ceux là n'arrivent pas à éviter les autres : s'ils croisent leurs trajectoires ils leur rentrent dedans.

On considérerait classiquement ces enfants comme maladroits et en fait ils ont des difficultés à coordonner leurs gestes. Que faire ? C'est la même question que pour l'écriture. Des parents me racontent : « *Tous les matins, il y a les vêtements, la chemise à boutonner, le gamin met 25 mn à s'habiller.* » Est-ce que cela vaut le coup, sachant que cela l'éreinte ? Ou va-t-on laisser tomber, il aura des teeshirts, des sweatshirts et des chaussures à scratch ? Il y a des enfants qui arrivent le matin à l'école, ils ont déjà fait leurs 100 km de vélo et sont déjà crevés. Notre position au sein du laboratoire est à chaque fois d'essayer de contourner le handicap – en tout cas quand il y a école – pour préserver les ressources de ces enfants en ne les mettant pas dans des situations d'effort cognitif dès le matin.

La perception de l'espace

Un certain nombre d'enfants dyspraxiques a non seulement un problème pour diriger leurs yeux, mais en outre un problème d'origine neurologique pour le traitement de l'information visuelle. L'information passe par la région pariétale dans laquelle il y a, en plus de la préhension, les mouvements oculaires et aussi la perception de l'espace.



Ces enfants vont se perdre dans l'espace ; au collège, comme il faut changer de classe toutes les heures, ils arrivent en retard, ils n'ont pas retrouvé leur classe ; vous allez les perdre sur un chemin qu'ils connaissent pourtant bien ; il y a des jours où ils vont prendre le chemin de l'école dans le mauvais sens. Ils voient très mal l'espace.

Timothée, élève dyspraxique de 6^e a fait un diaporama pour essayer d'expliquer à ses camarades de classe, quelles étaient ses difficultés ; il les représente comme ci-dessus.

Ces enfants dyspraxiques vont alors avoir de grosses difficultés avec les cartes de géographies. Par exemple, ils vont placer la Seine à la place de la Loire, alors que vous venez de passer avec eux 20 mn pour juste placer 4 des fleuves. Il faut leur donner des repères : « *La Garonne arrive à Bordeaux, Nice est au sud...* » Si vous leur rentrez l'information directement par une voie sémantique, peut-être seront-ils capable secondairement de la localiser sur une carte. Moi-même, je suis incapable de me repérer sur une carte. Quand ma fille a appris les cartes de géographie, j'ai essayé aussi de les apprendre. Non seulement je n'arrivais pas à placer les fleuves en partant de la carte, mais au bout d'une journée j'avais même oublié leurs noms ! Quand une voie est déficitaire, en l'occurrence la voie visio-spatiale, il faut rentrer l'information par une voie bien préservée, par exemple la voie sémantique où l'on sera capable de retenir infiniment plus. Pour m'indiquer le chemin, il faut me dire, première à droite, deuxième à gauche, *etc.*, pour que je sois sûre d'y arriver. Beaucoup de gens ont aussi de la difficulté à se repérer dans l'espace. Il faut alors trouver des stratégies pour y arriver. Par exemple, quand il me faut changer de cantine au CEA, n'étant pas sûre de la retrouver je m'arrange pour suivre des collègues. Nous avons tous, plus ou moins des difficultés avec certaines voies ; cela ne sert à rien d'insister, il faut essayer d'utiliser une autre voie qui convient mieux à notre cerveau.

Avec les enfants « lambda », il y a des moments où vous vous exaspérez sur un enfant que vous avez fait travailler et vous lui dites : « *Comment se fait-il que tu n'arrives pas à comprendre ?* » Notre première idée est que l'enfant le fait exprès, mais en fait il ne peut pas. Si vous rentrez la chose par une autre voie, tout à coup cela va se débloquer. Chez les enfants en situation d'apprentissage, il faut essayer de trouver des stratégies, leur proposer plusieurs voies pour qu'ensuite ils puissent utiliser celle qui leur plaît le mieux.

La géométrie

Les enfants dyspraxiques ont aussi un problème avec la géométrie. Par exemple certains ne voient pas les angles, ils ne font pas la différence entre un angle de 30° et de 90°. S'il y a un cercle au milieu d'un carré, ils ne voient pas le cercle et le carré, mais seulement des traits. S'ils vous les dessinent, ils tracent des arcs de cercle et des traits, mais ne relient pas les formes.

La géométrie, c'est du traçage très fin. La problématique qu'ils avaient avec le crayon va se reposer avec les outils géométriques. Utiliser un compas est extrêmement compliqué quand on est dyspraxique. On a maintenant les moyens technologiques de compensation qui permettent de faire faire de la géométrie à des enfants qui ne peuvent pas faire de traçage. C'est une chance que tous les enfants apprennent à faire des figures géométriques avec le logiciel *GeoGebra*¹¹ obligatoire au collège.

Que se passe-t-il au niveau du cerveau pour les enfants dyspraxiques ?

Il y a extrêmement peu d'études solides sur ce sujet. *Dorothy Bishop*, une chercheuse anglaise, a recensé dans les bases de données internationales toutes les études réalisées en pathologie neuro-développementale sur 25 ans. Il y a eu 16 000 études sur l'autisme, 12 000 articles sur les troubles de l'attention qui pourtant ne sont pas connus depuis très longtemps et seulement 398 articles sur la dyspraxie (Bishop et al, 2011. PlosOne)¹².

Il y a tout de même trois études en IRM fonctionnelle. Dans l'une d'elles¹³ on compare les activations de la région pariétale pour un groupe de 12 garçons (9-12 ans) dyspraxiques et un groupe de 12 sujets de contrôle.¹⁴ Cette étude observe un dysfonctionnement de la région pariétale pour les enfants dyspraxiques. C'est dans cette région pariétale qu'il y a les activations quand on fait des mouvements de préhension, l'activation des mouvements oculaires et le traitement des informations spatiales. Il reste à démontrer ce dysfonctionnement – pour cela il faudrait des dizaines d'autres études montrant la même chose en utilisant des tâches différentes.

¹¹ De la maternelle à l'université ; Géométrie, Algèbre, Statistiques, et calcul différentiel ; Des dizaines de milliers de ressources libres : www.geogebra.org/cms/fr/

¹² www.psy.ox.ac.uk/publications?author=dorothy-bishop

¹³ L'enfant doit coordonner à la fois la main et la vue. Il doit amener sur l'écran un cercle blanc dans une cible qui se déplace horizontalement.

¹⁴ *Parietal dysfunction in developmental coordination disorder: A functional MRI study*, Kashiwagi Mitsuru et al., *Neuroreport* 10/2009; 20 (15) :1319-24.

Que faire pour aider ces enfants ?

On peut être dyslexique et excellent en maths

Vous avez compris que, dans le cas de la dyspraxie et de tous les autres « *dys* », l'objectif va être de contourner le déficit pour donner la possibilité aux enfants d'apprendre tout ce qu'ils peuvent apprendre.

Ces enfants peuvent faire des études supérieures, à condition qu'ils n'aient pas déployé toute leur énergie à corriger leurs fonctions déficitaires et ce sans garantie de résultats. On peut être dyslexique et excellent en maths – à condition de ne pas passer sa vie à juste comprendre l'énoncé du problème de maths. Il suffit de leur lire cet énoncé. Pour les enfants dyspraxiques, c'est plus simple, ils ne peuvent pas écrire.

Au quotidien, c'est beaucoup plus compliqué. C'est un combat extrêmement pénible, vous le savez, si vous avez des enfants « *dys* » dans votre entourage. Leurs parents sont souvent en situation de détresse et de souffrance importantes. La confrontation avec le milieu scolaire est très douloureuse.

Changer notre représentation du handicap

Le handicap pour la plupart des gens, c'est le handicap moteur, la cécité, la surdité, la d ficiency intellectuelle, les gros handicaps visibles. Quand on parle de handicap cognitif en France, on pense d ficiency intellectuelle. Très peu de gens perçoivent que la dyspraxie ou la dyslexie sont des handicaps.

La conception du handicap a changé en France en 2005. On ne parle plus de handicap en tant que tel, mais de « *situation de handicap* » : une situation dans laquelle une personne est restreinte dans son activité ou limitée dans sa participation à la société. Un enfant non lecteur parce que dyslexique est extrêmement limité dans son accès à la culture, si on ne fait pas quelque chose pour compenser le handicap.

Un autre problème est que des enseignants, qui pourtant participent à des réunions de suivi de scolarisation pour des enfants dyslexiques et qui ont conscience qu'ils ont un handicap, n'arrivent pas à se représenter les difficultés de l'enfant comme un handicap. D'abord il n'est pas visible, comme la cécité

ou la surdité. De plus, on a du mal à concevoir qu'on peut avoir un handicap spécifique en raison d'une petite région du cerveau qui est perturbée, alors que tout le reste fonctionne. J'espère qu'avec la vulgarisation des connaissances sur le cerveau, on arrivera à le comprendre.

Ghislaine Dehaene s'était trouvée face à un enfant dont les parents disaient qu'il était sourd depuis tout-petit. Tous les oto-rhinos consultés affirmaient que les oreilles fonctionnaient parfaitement. Une IRM cérébrale a révélé deux trous dans les régions temporelles où les stimuli auditifs sont traités. L'enfant n'était pas sourd des oreilles, mais du cerveau. Cela arrive à la naissance, une toute petite lésion au cerveau peut suffire à empêcher une fonction.

Une autre difficulté est que l'on a beaucoup de mal à admettre qu'une personne en situation de handicap puisse être brillante. Régulièrement, on vous dit : « *Si on donne à cet élève des moyens de compensation – typiquement l'ordinateur – il a 18 sur 20, ce n'est quand même pas normal !* ». L'idée qu'on puisse être aveugle et un grand scientifique n'est pas du tout une évidence. Cela commence à venir, mais actuellement très peu de gens en situation de handicap sont représentés dans la société civile. C'est le résultat d'années de séparation de telles personnes : quand elles étaient petites, on ne les mélangeait pas avec les autres en classe, puis elles avaient des formations spécialisées. J'espère que cela va changer avec la loi de 2005.

Faire un diagnostic précoce de la dyspraxie

Un autre problème – vraiment français et qui n'existe pas aux États-Unis – est qu'il ne faut pas mettre des étiquettes¹⁵ sur un enfant « *Il est en situation de handicap* », « *il est dyspraxique* », ... sinon on va le mettre en grande difficulté.

Écoutons Alexandre, petit garçon dyspraxique de 9 ans, interviewé le 10 octobre 2009 au Journal de 13h de TF1 : « *Ma main, elle souffrait, c'est parce qu'elle avait du mal à écrire, elle faisait tout de travers, [...]. Je le savais depuis que j'étais tout petit mais bon, je ne pouvais pas leur expliquer. Ils ne me croiraient pas, alors je leur ai laissé découvrir* » – L'intervieweuse : « *Tu as l'impression qu'ils ne comprennent pas ?* » – « *Oui ils ont du mal à voir mes efforts. Ça fait de la peine.* »

¹⁵ Loi n° 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées.

C'est là toute l'histoire des enfants dyspraxiques : ils ont dès la maternelle une conscience aiguë d'être en difficulté sur le graphisme et tout ce qui est motricité. Ils attendent que les adultes veuillent bien les aider et pour certains cela va malheureusement durer des années. Ils sont très soulagés par le diagnostic du handicap. Si on ne le fait pas, ils s'inventent un film : « *J'ai une maladie dans la tête, je ne sais pas ce que c'est. Je vais mourir.* » Ils ont une dévalorisation très importante d'eux-mêmes : « *Je ne vauds rien.* » Ils ont l'impression que les autres font tout tranquillement, alors qu'eux font des efforts démesurés et qu'en outre ils sont moins bons.

Donc l'idée de ne pas mettre un diagnostic est catastrophique et du coup les étiquettes ne manquent pas : comportement insupportable, fainéant, Gaston-la-gaffé... Ce n'est pas plus facile pour eux !

Continuer à faire toujours plus de la même chose qui ne marche pas ? ... ou plutôt adapter l'environnement ?

Pour toutes les pathologies, quand on fait une remédiation¹⁶, on doit se demander s'il faut rééduquer la fonction déficitaire ou plutôt tabler sur les fonctions préservées.

Va-t-on indéfiniment entraîner ces enfants dyspraxiques à faire ce qu'ils n'arrivent pas à faire ?

Simone Korff-Sausse, une psychanalyste qui a beaucoup suivi des enfants dyspraxiques, répond que ceux-ci ont développé des capacités verbales extrêmement importantes qui vont les aider. Mais il leur faut un environnement adapté. À un enfant en fauteuil venu me voir au cabinet médical qui est au 7^e étage, racontait-elle, je demandais : « *À ton avis, est-ce loin par rapport au rez-de-chaussée ?* » L'enfant a répondu : « *Ça dépend, si tu prends l'escalier ou l'ascenseur.* » Effectivement pour l'enfant monter les 7 étages avec un fauteuil cela frise l'exploit, tandis qu'avec l'ascenseur !

Nous avons tous l'idée que notre représentation du monde est la bonne. En fait, elle est une construction mentale en fonction de notre expérience, qui n'est pas forcément partagée. Des gens de culture totalement différente ont des

¹⁶ La remédiation est un processus de « *réparation* » : – dans le domaine de la psychologie pour la rééducation des fonctions cognitives altérées. – dans le domaine de la pédagogie, une aide apportée à l'élève à la suite d'une évaluation formative.

représentations mentales liées à un certain nombre de gestes complètement différentes de celles que vous avez. « *L'enfant est confronté à un monde physique pour lequel il n'est pas équipé.* » explique Simone Korff-Sausse. « *Son équipement neurobiologique n'est pas l'outil adéquat pour appréhender le monde. C'est comme s'il devait accrocher un tableau, mais qu'au lieu de disposer d'un clou et d'un marteau, il n'avait qu'un tournevis. Soit il renonce, soit il devient un bricoleur génial.* » Il y a malheureusement des générations d'enfants dyspraxiques et dyslexiques qui ont renoncé. L'objectif actuel est de donner à ces enfants des outils pour devenir des bricoleurs géniaux. Ces outils à l'évidence ne seront pas les mêmes que ceux des autres.

Pour adapter l'environnement, il y aura deux façons de faire. La première sera de rendre accessibles les supports. Ce n'est pas encore évident en France. Par exemple, j'ai commencé à explorer ce qui existe en littérature accessible pour des aveugles ou gens qui ont des problèmes de vision : c'est dramatique ! Il y a une banque en braille ou même en audio, mais elle correspond à même pas 10 % de l'offre éditoriale française annuelle. L'accessibilité se pose aussi de façon cruciale pour les manuels scolaires. Aux enfants en situation de handicap, on donne une auxiliaire de vie scolaire ; celle-ci peut lire le manuel à l'enfant, mais il est préférable que l'enfant apprenne à lire en braille. S'il est dyspraxique, il vaut mieux que le texte soit suffisamment gros et aéré pour qu'il puisse suivre des yeux les lignes. Ensuite, il faut compenser le handicap. Dans la plupart des situations, il n'y a pas de compensation parfaite, sauf pour la vision grâce aux lunettes. Pour les enfants dyspraxiques, on va compenser le déficit d'écriture manuscrite par exemple avec un ordinateur ou avec un secrétaire pour les examens.

L'équité : donner à tous les moyens d'arriver à la même chose

Le handicap va poser en permanence pour les enseignants des questions d'équité. On peut les comprendre car c'est vraiment compliqué. Une enseignante très motivée pour enseigner à deux enfants dyspraxiques de sa classe me disait : « *Je vais utiliser tel ou tel exercice de grammaire.* » Je lui ai répondu : « *Très bien, on va vous aider à les adapter en les transformant en exercices numériques que les enfants pourront faire sur l'ordinateur.* » Elle m'a renvoyé un mail : « *Il y a 8 ordinateurs au fond de la classe, mais tous les enfants aiment utiliser l'ordinateur et il n'y a pas de raison que ces deux-là puissent les utiliser plus que les autres.* » Je lui ai expliqué : « *La raison est*

que les autres peuvent faire les exercices normalement en écrivant, mais ceux-là ne peuvent pas. »

En France, on a eu longtemps l'idée que l'équité c'est donner la même chose à tous les enfants. Être équitable est-ce cela ou plutôt donner à tous les moyens d'arriver à la même chose ? La question de l'équité se repose systématiquement pour les contrôles. Il y a des enseignants qui mettent en place de manière parfaite tous les moyens de compensation pendant l'année, mais qui les retirent tous au moment des contrôles, y compris l'auxiliaire de vie scolaire, en pensant que le moyen de compensation est une tricherie. En fait, ce n'est pas donner un avantage à un enfant, c'est au contraire essayer de compenser un désavantage. On ne retire pas les lunettes aux enfants qui en ont ! L'auxiliaire de vie scolaire est un moyen de compensation pour écrire.

Ces enfants ont une volonté extrêmement développée, ils connaissent le coût de l'effort dès la maternelle. On pourra énormément utiliser cela, à condition de ne pas les envoyer dans une impasse en leur faisant faire par exemple des lignes et des lignes d'écriture. On devra s'appuyer sur leurs compétences et leur sens de l'effort pour leur permettre d'apprendre tout ce qu'ils peuvent.

Le Cartable Fantastique

Cette association, loi 1901, a pour objet l'aide à l'inclusion scolaire d'enfants en situation de handicap. Avec le laboratoire de *Stanislas Dehaene*, elle développe pour eux un certain nombre d'outils, en particulier une plateforme qui permet de faire des manuels scolaires.¹⁷

Par exemple, dans l'un d'eux associé au manuel de CM2 « *Étude de la langue* » de Bordas, l'enfant ouvre son ordinateur, pendant que les autres ouvrent leurs manuels, page 45, à l'exercice 12 pour lequel il s'agit de recopier les mots et d'entourer ceux qui sont des déterminants¹⁸. Chez l'enfant dyspraxique, on s'intéressera uniquement à la compétence "savoir ce qu'est un déterminant" : on lui demande seulement de cliquer sur les mots qui sont des déterminants. Il peut ensuite imprimer l'exercice.

¹⁷ www.cartablefantastique.fr propose des supports pédagogiques aux enseignants.

¹⁸ Le déterminant est un mot qui est placé devant le nom commun.

L'enfant travaille les mêmes compétences que les autres, mais on lui a supprimé le problème de l'écriture et aussi les problèmes visuels. Regardez les manuels récents, il y a du texte en lignes, du texte en colonnes, des schémas... Si vous avez un trouble de l'organisation du regard, il vous faut déjà cinq minutes pour trouver l'exercice. Ensuite, l'image hyper colorée de la page agrippe votre attention et vous perdez encore deux minutes. Cette présentation n'est pas bonne. L'abord est compliqué pour tous les enfants et carrément impossible pour les enfants « dys ». Nous-mêmes sur les sites web avons tendance à grossir les caractères et sortir le texte pour mieux voir !

Questions et Réponses

La localisation des troubles dans le cortex pariétal

Je suis surpris de la localisation pariétale des troubles. Le cortex pariétal n'est pas directement impliqué dans l'activation motrice ; il joue un rôle dans l'intégration sensorielle et éventuellement dans l'imagination du mouvement.

CH : Pour la dyspraxie l'hypothèse est que ce n'est pas au niveau moteur, mais que c'est la représentation du geste qui est problématique. Il n'y a pas d'étude cognitive du mouvement chez les enfants dyspraxiques. Au niveau neuronal, comme pour la dyslexie, on ne sait pas ce qui se passe.

Les dyspraxies causées par certains types de lésion pourraient-elles aider à comprendre la dyspraxie de l'enfant ?

CH : Le problème est qu'il s'agit souvent d'apraxies¹⁹ et non de dyspraxies. Pour l'apraxie on a des modèles animaux en lésant carrément la région pariétale. Pour l'homme, c'est impossible. En outre les modèles de ces pathologies viennent de la lésion chez l'adulte. Chaque fois qu'on essaie de les transposer sur l'enfant, on se trompe. Un cerveau en développement n'a rien à voir avec le cerveau figé de l'adulte.

L'apprentissage de l'écriture manuscrite

Le fait d'écrire agit-il sur la formation du cerveau ?

¹⁹ L'apraxie est une incapacité à effectuer un mouvement ou une série de mouvements.

CH : Oui habituellement, mais pas chez les enfants dyspraxiques. Quand ils écrivent ils sont en double tâche et on ne peut rien leur apprendre d'autre à ce moment. Il peut y avoir de multiples causes à la dysgraphie, la dyslexie, la dyspraxie, un trouble attentionnel, une lésion cérébrale...

Supprimer l'écriture manuscrite pour les enfants normaux est-ce une perte ?

CH : Cela dépend à quel âge. En France, on utilise l'écriture manuscrite jusqu'à très longtemps. Il y a dix ans déjà, tous les étudiants américains avaient des portables et étaient capables de prendre leurs cours en tapant. Nos enfants ont des cours d'informatique, on leur apprend à aller sur internet mais pas à taper – pas plus aux adultes d'ailleurs. Pour un certain nombre de métiers, la question de la frappe se pose. Le choix extrême des américains de ne garder que la frappe n'est pas très étudié d'un point de vue scientifique. Il faudra faire des études comparatives. Pour le moment on a beaucoup d'arguments pour continuer l'apprentissage de l'écriture. Quelques études montrent qu'apprendre le geste écrit des lettres facilite l'apprentissage de la lecture. L'arrêter est problématique.

Les mouvements corporels

Avec l'écriture il y a un entraînement à l'adresse manuelle qui est important par la suite pour la précision du geste.

CH : Oui pour les enfants « lambda ». Pour les enfants dyspraxiques, il faut abandonner cet objectif, pour permettre tous les autres objectifs. La stratégie ne serait-elle pas de contourner le handicap ? On le fait pour la vue, il ne vient à personne l'idée de dire à quelqu'un qui a des lunettes : « Retire-les, entraîne toi à lire et tu liras mieux. »

Qu'en est-il pour les enfants dyspraxiques des mouvements corporels ?

CH : Ils sont tous problématiques. D'un enfant à l'autre la motricité générale, l'équilibre et la motricité fine n'évoluent pas de façon similaire. Il peut y avoir des enfants perturbés seulement dans un des domaines. Le tonus postural n'est pas automatique et ne le devient que vers 16 ans. Faire réciter des récitations aux enfants bien droits, n'est pas forcément une bonne chose. Les enfants dyspraxiques sont souvent avachis, ce qui leur vaut bien des problèmes avec les enseignants. Ils ont aussi des problèmes pour la frappe au clavier, mais ce geste est beaucoup moins complexe que l'écriture qui elle demande une finesse

extraordinaire. Nombre de ces enfants ont des difficultés à séparer leurs doigts, ils ne taperont pas à dix doigts et en resteront à deux doigts.

La lecture elle-même est très astreignante pour eux, car les mouvements oculaires sont très perturbés chez les enfants dyspraxiques. Ils sont capables de fixer une région, mais ne vont pas tenir la fixation. Leurs yeux tombent d'une ligne à l'autre, ils ont du mal à cibler la limite des mots et en sautent. Si c'est trop serré, ils ne liront que le début de la phrase et la fin. Avec des livres trop petits, ils vont s'éreinter au bout de la première page. Il faut leur donner un Ipad ayant une fonction d'accessibilité avec une voix qui lit et surligne le mot au fur et à mesure, et qu'ils peuvent arrêter quand ils fatiguent.

Ils ont des problèmes dès qu'il y a des exigences de graphisme ; beaucoup ont des difficultés avec les textures et en fait pour tout ce qui est art plastique. La Maternelle est pour eux un calvaire. L'ensemble des activités proposées ne leur conviennent pas, hormis les histoires.

La prise en charge des enfants dyspraxiques

Sont-ils reconnus ou les considère-t-on a priori comme de mauvais élèves ?

CH : Les dépistages posent encore problème actuellement. Les médecins généralistes ne sont pas formés, les pédiatres non plus. Les médecins scolaires commencent à être informés. Il y a des centres de référence dans tous les départements. Un réseau nommé TAP ²⁰ a été créé par Catherine Billard de Kremlin-Bicêtre. Des méthodes existent pour détecter des troubles moteurs.²¹ On fait aussi des bilans ergothérapeutiques. Mais les délais pour la prise en charge sont entre 12 et 18 mois, ce qui est déliant.

Ces enfants ont-ils des problèmes psychologiques autres ?

CH : Non, mais ils ont des problèmes psychologiques secondaires importants. France Quéré, puis Yves, se sont occupés de l'association "*Votre école chez vous*" qui avait été créée en 1951 pour scolariser à domicile des enfants malades. Aujourd'hui, l'Éducation Nationale offre des solutions de scolarisation aux enfants malades. "*Votre école chez vous*" aide de plus en plus des enfants en situation de handicap, pour lesquels il n'y a pas de solution. En

²⁰ www.reseautap.org/enfants_et_familles.html

²¹ Les deux psychomotriciennes Aude Benoit-Lévy et Adeline Chéron à Chevry et l'ergothérapeute Catherine Picolo à Gif connaissent bien les problèmes de dyspraxie.

15 ans y sont arrivés massivement des enfants en état dépressif profond suite à des maltraitances à l'école, qui en fait étaient des enfants dyspraxiques reconnus. Les enseignants sont en échec avec ces enfants-là. Je connais un enfant très intelligent, qui est le quatrième de sa classe mais qui a une dysgraphie massive. Son enseignante lui prépare des exercices du manuel qu'elle photocopie. Quand il ne va pas assez vite, elle le fait coucher par terre pour qu'il y finisse ses exercices. Le gosse ne veut plus aller à l'école...

Il y a des limites sur ce que chacun peut subir et aussi de vraies difficultés. Par exemple ces enfants vont avoir tendance à être trop près des autres enfants. Les problèmes relationnels sont difficiles avec les tout-petits. Tout va dépendre du comportement des adultes autour. Si l'enseignant est dans une démarche très valorisante vis-à-vis de l'enfant, les autres enfants auront une stratégie d'aide. Si l'enseignant est dans le rejet, dans l'exclusion parce qu'il n'y arrive pas, toute la communauté fera de même. Cela va avoir des conséquences psychologiques très difficiles et engendrera une souffrance énorme.

Pour approfondir :

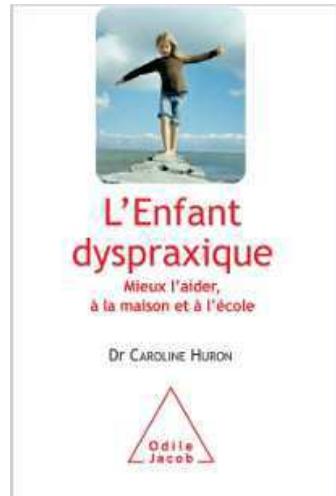
- *L'enfant dyspraxique*
Mieux l'aider à la maison et à l'école

Caroline Huron,
Éd. Odile Jacob, 2011.

- *Le Cartable fantastique :*



Site : www.cartablefantastique.fr



- *Dyspraxia* : (INSERM-CEA Cognitive Neuroimaging Unit)

Site : www.unicog.org/pm/pmwiki.php/Main/Dyspraxia

L'observation de l'univers nous dit-elle quelque chose de Dieu ?

Véronique Bommier¹

Avant de chercher comment répondre à cette question, sans doute est-il nécessaire de préciser qui est l'auteur de l'article, qui va tenter d'apporter des éléments de réponse à la question.

L'astrophysique science pure et appliquée

Je suis scientifique, de formation scientifique en classes préparatoires puis à l'École Normale Supérieure des Jeunes Filles. J'ai préparé une thèse de troisième cycle, puis une thèse d'État, sur la mesure de champ magnétique par effet Hanle dans les protubérances solaires. L'astrophysique était pour moi un champ d'application de la théorie de la mécanique quantique, qui est ma vraie formation. Par la suite, j'ai intégré le CNRS et je suis devenue spécialiste de la mesure des champs magnétiques solaires, mais selon toutes les méthodes possibles et dans toutes les régions solaires possibles.

En dehors de la connaissance pure, l'objectif sociétal de ces travaux est la modernisation de la prévision des éjections de matière solaire, pour que celle-ci se fasse à partir de cartes et de modèles, de même qu'actuellement la météorologie du climat terrestre. Cette prévision est de plus en plus nécessaire avec le développement des activités dans l'espace. J'ai été appelée à mettre en œuvre des observations pour cette cartographie magnétique solaire, avec le télescope que la France a construit dans cet objectif sur le site européen d'Izaña, sur l'île de Tenerife, Canaries, Espagne. Pendant 5 ans, j'ai présidé le Conseil Scientifique du télescope, qui attribuait le temps d'observation.

¹ Astrophysicienne, Observatoire de Paris.

La question

La question à laquelle je vais apporter mes propres éléments de réponse, relève aussi de la philosophie, pour laquelle mon bagage est d'abord celui du lycée, mais que j'ai complété par la suite en suivant quelques cours au Centre Sèvres, dont le cours sur "la vérité". Il est également important de préciser que je suis moi-même croyante. En effet, cet article est avant tout destiné à être un bref compte-rendu de mes convictions, et non pas une description scientifique de l'univers et de ses théories.

À la question posée : « *L'observation de l'univers nous dit-elle quelque chose de Dieu ?* », ma réponse est : « *Évidemment non, mais...* ». « *Évidemment non* », parce que pour moi il ne peut y avoir de preuve objective de l'existence de Dieu, car alors l'homme ne serait plus libre d'y croire ou non. Or, j'en ai la conviction, l'homme a été créé libre, notamment de croire ou de ne pas croire. L'existence de Dieu ne peut donc être inscrite comme un phénomène lisible objectivement par tout un chacun à travers l'observation. Mais l'observation, la contemplation de l'univers nous disent quand même un certain nombre de choses qui, si elles ne sont pas des preuves de l'existence de Dieu, peuvent nous y faire penser, d'autant plus si l'on est par ailleurs croyant, mais ce dernier point n'est pas indispensable pour entendre ce que ces choses nous disent, ce que nous allons essayer de préciser ci-dessous.

La question et son contexte scientifique

La question posée parle d'une activité scientifique : l'observation de l'univers, prise au sens large incluant aussi la compréhension ou modélisation de ce que l'on observe. Mon activité de scientifique, également, m'amène à pointer d'entrée de jeu, que j'ai la conviction que la science n'est pas le seul langage pour parler du monde, plus exactement que la science ne parle pas de tout, notamment pas de l'"humain", ni de la dimension psychologique de l'être, ni de l'amour qui lie les êtres entre eux, ni non plus du mal qui peut grandir jusque dans notre cœur à chacun. Le sujet de science est de l'ordre du "comment" (ça marche), mais il y a aussi à côté le "pourquoi" (le sens), au sujet duquel l'homme se pose des questions dont la réponse n'est pas, ou pas totalement, dans la science.

Comme je le disais plus haut, j'ai la conviction que l'homme a été créé libre. Croyante, je reçois ce message transmis par la Bible, que Dieu a en outre

confié la création à l'homme, selon le texte du premier chapitre de la Genèse, aux versets 27 à 31 : « *Dieu créa l'homme à son image... il les créa homme et femme... remplissez la terre et soumettez-la², soyez les maîtres des poissons de la mer, des oiseaux du ciel...* ». Ce texte de la Genèse nous décrit, dans les versets précédents, quelle est cette création : le ciel et la terre, la lumière et la ténèbres, le firmament et ses luminaires. L'observation de l'univers nous fait entrevoir cette création, confiée à l'homme, libre.

L'univers : images et représentations

Les images astronomiques, avec leurs couleurs bien que le plus souvent fausses³, de même un beau ciel nocturne, suscitent souvent l'émerveillement. Ces couleurs, cet infini que l'on pressent aussi bien par les dimensions que par le nombre des astres : que c'est beau ! Comme en écho à cette phrase qui ponctue les journées du premier texte de la Genèse : « *Et Dieu vit que cela était bon* ». La beauté, la bonté sont constitutives de l'univers.

Mais on s'aperçoit assez vite qu'il est difficile de se représenter l'univers. Déjà, les dimensions (diamètre des astres, distance entre les astres, au point qu'on est amené à parler en "années-lumière") débordent notre imagination. Mais au-delà de cette question des dimensions, il est difficile de se représenter un univers qui est infini dans l'espace, et pourtant en expansion permanente, selon la loi de Hubble qui résulte des observations de l'effet Doppler. Peut-être parce que cela fait intervenir 4 dimensions et non pas 3 : les 3 dimensions d'espace, auxquelles il faut ajouter le temps. De manière plus générale, il faut en effet faire appel à la théorie de la relativité, pour représenter ou comprendre l'univers, et la représentation mentale que nous pouvons nous en faire reste difficile : comment se représenter le "quadrivecteur espace-temps" ? On arrive là aux limites, en bordure d'un certain mystère. De même, la représentation en sciences physiques des premiers instants de l'univers, reste aussi un mystère, échappe. Or le mystère nous parle aussi de Dieu, qui est mystère. Notre connaissance, notre esprit, ont leurs limites. Cependant, notre capacité et notre

² Dans *Laudato si*, articles 66 et 67, le pape François explique que ce terme a été mal compris. Il souligne l'importance d'une interprétation dans le sens de "cultivez-la et gardez-la", qui est aussi présent dans la Genèse (ndlr).

³ On appelle "représentation en fausses couleurs" une carte où l'on représente les valeurs que prend une grandeur, par des couleurs, selon une table d'associations valeurs/couleurs.

désir de compréhension, semblent capables de repousser ces limites toujours plus loin.

Les hommes sont passionnés par la recherche de la vie : y en a-t-il ailleurs dans l'univers ? Les scientifiques se posent réellement la question, recherchant partout de nouvelles exoplanètes (1935 exoplanètes ont été confirmées au 23 janvier 2016). Cette passion fait aussi la grandeur de l'homme.

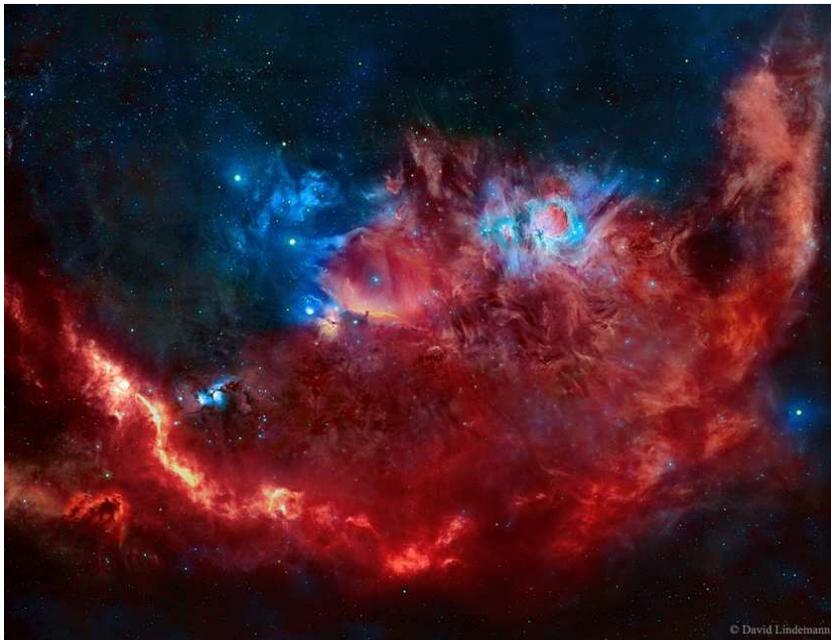
Il y a aussi l'émerveillement suscité par cette "belle machine" qu'est l'univers : un peu à la suite du "grand horloger" de Voltaire, certains scientifiques aujourd'hui font remarquer que si les constantes de la physique avaient été légèrement différentes, l'homme ne serait probablement tout simplement pas là... Alors, si justement il est là, c'est que toute cette création est orientée vers son arrivée. C'est le "principe anthropique". Ce n'est pas Dieu qui est ainsi pointé, notamment parce qu'il ne peut y avoir de preuve de son existence, mais en plaçant ainsi l'homme au point d'arrivée de la création (point oméga de Teilhard de Chardin ? Lui-même y met Dieu également), on n'est pas si loin de l'idée que « *Dieu a confié la création à l'homme* ».

D'autres ont pensé parfois que la perfection devait être inscrite au cœur de l'univers. Ainsi, les astronomes grecs pensaient que c'est selon une figure "parfaite", le cercle, que se déplacent les astres dans le ciel pour l'observateur nocturne. Mais comme le mouvement des planètes, vues depuis la Terre, est plus complexe, pour conserver cependant le cercle comme principe de mouvement, il a fallu superposer plusieurs cercles (théorie des épicycles). Évidemment ces théories sont aujourd'hui invalidées. Plus récemment, on a traqué cette perfection sous forme de symétrie : on voulait que l'univers contienne la symétrie au cœur de sa nature. C'est ainsi que Paul-Marie Dirac, excellent physicien par ailleurs, pensait que le champ magnétique devait être exactement symétrique du champ électrique (P.A.M. Dirac, Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Vol. 133, No 821 (Sep. 1,1931), pp. 60-72), et, comme le champ électrique est créé par des charges électriques, il prédisait l'existence de charges magnétiques (les "monopoles"), que l'on n'a jamais pu mettre en évidence expérimentalement (jusqu'à aujourd'hui). Dans cette même recherche de symétrie, Dirac a prédit avec succès l'existence de l'antiproton (P.A.M. Dirac, Proceedings of the Royal Society of London, Series A, Vol. 126, No 801 (Jan. 1,1930), pp. 360-365), par symétrie matière/antimatière, deux ans avant la mise en évidence expérimentale.

Cependant l'univers observable semble être très majoritairement sous forme de matière, ce qui conduit à une assez forte dissymétrie. La dissymétrie matière/antimatière a été maintenant mise en évidence expérimentalement au CERN, et en partie expliquée théoriquement, mais de manière beaucoup plus faible, pas encore au point de rendre compte de la dissymétrie de l'univers observable. Mon opinion est que l'univers étant créé, il n'y a aucune nécessité de perfection/symétrie, parce que création. Il ne faut tout simplement pas s'en étonner. En effet, l'existence d'une symétrie inscrite au cœur de l'univers serait comme une preuve de l'existence de Dieu lisible par tout un chacun : on a dit plus haut qu'il ne faut pas s'y attendre.

À la question posée : « *L'observation de l'univers nous dit-elle quelque chose de Dieu ?* », ma réponse est donc : « *Évidemment non, mais... beaucoup de petits signes nous sont donnés, de façon immédiate ou plus approfondie, qui peuvent nous conduire vers Lui* ».

Astronomy Picture of the Day, 2016 April 13: Orion en rouge et bleu



Crédit pictural & Copyright : David Lindemann

Explication : Quand Orion devint-elle aussi lumineuse ? Cette représentation colorée d'une partie de la constellation d'Orion vient de la lumière rouge émise par l'hydrogène et le soufre (ionisé une fois), et de la lumière bleue-verte émise par l'oxygène (ionisé deux fois). Ces couleurs ont été choisies pour représenter les zones selon leur élément constitutif. Cette image époustouflante est un composite méticuleusement fait de centaines d'images représentant plus de 200 heures d'observation.

Visible sur l'image, la boucle de Barnard (en bas de l'image) entoure un ensemble de matière interstellaire qui inclut la complexe nébuleuse d'Orion (juste à droite du centre). La nébuleuse de la flamme est aussi bien visible, mais il faut un œil exercé pour identifier la nébuleuse de la tête de cheval (en sombre). L'existence de la boucle de Barnard, ainsi que la luminosité d'Orion, seraient dues à l'explosion d'une supernova il y a environ deux millions d'années.

CONNAÎTRE : BULLETIN DE COMMANDE

Civilité, Prénom, Nom

Adresse

Code postal :

Ville :

Pays : Tél :

Courriel : @

Abonnement ordinaire à 2 N° : 20 € Abonnement de soutien : 25 €

Commande du N° 44 seul : 11 €

Facultatif : Membre adhérent à *Foi et Culture Scientifique* (2016-2017)

Cotisation ordinaire : 10 € Cotisation de soutien : 25 €

Somme totale € **Date** : / / 2016

Chèque à l'ordre de "**Association Foi et Culture Scientifique**"

Courrier : Foi et Culture Scientifique 38, rue du Val d'Orsay, 91400 Orsay.

Contact téléphonique : 01 69 31 18 89.

Adresser un courriel à 91afcs@orange.fr pour recevoir les comptes-rendus des réunions et les informations sur la vie de notre association.

Les N° 1 à 42 de **Connaître** sont téléchargeables gratuitement :

evry.catholique.fr/IMG/pdf/AFCS_connaître.pdf

Pour commander d'anciens numéros de *Connaître*, écrire à 91afcs@orange.fr ou téléphoner à 01 69 31 18 89.

Site internet : evry.catholique.fr/Foi-et-Culture-Scientifique

Impression numérique
LA COPIE EN LIGNE
17 rue de l'Atlantique
F 91 940 LES ULIS

CONNAÎTRE

Cahiers de l'Association Foi et Culture Scientifique
Réseau Blaise Pascal

SOMMAIRE

N° 44, Mai 2016

<i>Éditorial</i>	3
Ferdinand Gonseth, mathématicien et philosophe engagé dans la science de son siècle	Gilles Cohen-Tannoudji 4
Neurosciences et Âme humaine	Jean-Michel Maldamé 28
Peut-on réduire nos émotions et nos comportements à l'activité de notre cerveau ?	Catherine Belzung 79
Mieux comprendre le fonctionnement du cerveau	Caroline Huron 97
L'observation de l'univers nous dit-elle quelque chose de Dieu ?	Véronique Bommier 118
Abonnements, anciens numéros	125